PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 11. | 1. März 1902. Redaktionsschluss für No. 12 am 5. März 1902. | 3. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
E. Rutherford und S. I. Allen, Erregte Radioaktivität und in der Atmosphäre hervorgerufene Ionisation. S. 225.
R. W. Wood, Die anomale Dispersion von Natriumdampf. S. 230.
O. Lummer und E. Pringsheim, Zur Temperaturbestimmung von Flammen. S. 233.
J. Stark, Geschichtliches zur Erklärung der Zerstreuung der Kathodenstrahlen. S. 235.
G. Lindner, Zur Kenntnis des Eiskalorimeters. S. 237.
K. Strehl, Über Luftschlieren und Zonenfehler. S. 238.
W. Schlüter, Erdbebenwellen. S. 238.
Vorträge und Diskussionen von der 73. Naturforscherversammlung zu Hamburg:
B. Walter, Bericht über die auf der Röntgenausstellung der 73. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg ausgestellten Apparate. S. 242.
Referate:
A. Lafay, Experimentaluntersuchungen über die Deformationen bei der Berührung elastischer Körper; Stribeck, Kugellager für beliebige Belastungen. S. 245.
Besprechungen:
A. v. Hübl, Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Gelatineplatte. S. 247.
O. N. Witt, Die chemische Industrie auf der Weltausstellung zu Paris 1900. S. 247.
L. Pilgrim, Einige Aufgaben der Wellen- und Farbenlehre des Lichts. S. 248.
Eingegangene Schriften. S. 248.
Personalien. S. 248.
Gesuche. S. 248.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Erregte Radioaktivität und in der Atmosphäre hervorgerufene Ionisation.

Von E. Rutherford und S. I. Allen.[1])

Die Versuche von Elster und Geitel[2]) und C. T. R. Wilson[3]) haben endgültig gezeigt, dass ein gut isolierter, geladener Leiter innerhalb eines geschlossenen Gefässes allmählich seine Ladung verliert, und dass dieser Ladungsverlust von einer geringen, von selbst auftretenden Ionisation des Gasvolumens im Innern des Gefässes herrührt. Wilson berechnete aus diesen Versuchen, dass ungefähr 19 Ionen in der Sekunde auf den cm^3 des Gases erzeugt werden.

Ganz kürzlich haben Elster und Geitel gezeigt[4]), dass ein negativ geladener Leiter in offener Luft zeitweilige Radioaktivität erhält. Diese Radioaktivität entweicht innerhalb weniger Stunden und ist ganz ähnlich der erregten Radioaktivität, die unter der Wirkung von Thorium und Radium in Substanzen auftritt. Sie kann in derselben Weise, wie das der eine von uns[5]) für die von Thorium erregte Radioaktivität gezeigt hat, durch Auflösung in Säuren teilweise entfernt werden. Dampft man die Lösung ein, so wird die Aktivität auf die Wände des Gefässes übertragen.

Bei den Versuchen von Elster und Geitel und Wilson wurde der Betrag der Ionisation der atmosphärischen Luft bestimmt durch Beobachtung der Zeit, innerhalb deren die Blättchen eines Elektroskopes besonderer Art zusammenfielen. Diese Bestimmungsmethode ist im allgemeinen langsam und gestattet in manchen Fällen nicht, die Versuchsbedingung genügend zu variieren.

Bei den vorliegenden Versuchen benutzten die Verfasser ein empfindliches Quadrantenelektrometer zur Untersuchung der Ionisation der Luft und der durch Luft hervorgerufenen erregten Radioaktivität.

Das verwendete Elektrometer ist eine Abänderung des von Dolezalek beschriebenen Instrumentes (Verh. d. D. Physik. Ges. **3**, 18—72, 1901). Es ist von dem gewöhnlichen Quadrantentypus mit einer leichten Nadel von Silberpapier, die an einem feinen Quarzfaden aufgehängt ist. Der Apparat, wie er von der Firma Georg Bartels in Göttingen konstruiert wird, ist für die Bestimmung kleiner Potentialdifferenzen bei elektrochemischen Arbeiten bestimmt. Für unsere Zwecke war es notwendig, die Isolation und Verbindungsweise der Quadranten vollständig zu verändern. Bei unseren Versuchen wurde die Nadel alle zwei Tage durch leichtes Berühren mit einem an eine Batterie von 200 Volt angeschlossenen dünnen Draht geladen. Es fand sich, dass die Nadel nicht mehr als 10% ihrer Ladung in 24 Stunden verlor. Die Dämpfung der Nadel war infolge ihrer Leichtigkeit sehr gross und es war kein weiterer Dämpfungsflügel nötig. Die Ablenkung wurde mit Spiegel und Skala bei einem Abstande von 2 m abgelesen. Der Nullpunkt blieb sehr konstant, und die Ablesungen konnten, wenn nötig, auf $^1/_{10}$ mm genau gemacht werden. Für die erste Aufhängung, die verwendet wurde, gab das Elektrometer einen Ausschlag von 2000 mm der Skala bei einem Volt Potentialdifferenz zwischen den

1) Vor der amerikanischen Physikalischen Gesellschaft vorgetragen am 27. Dez. 1901.
2) Diese Zeitschrift **2**, 590, 1901.
3) Proc. Roy. Soc. 1901.
4) Diese Zeitschrift **3**, 76, 1901.
5) Phil. Mag. Febr. 1900.

Quadranten und einer Ladung der Nadel auf 200 Volt. Diese Aufhängung wurde zufällig im Laufe der Untersuchungen zerbrochen, und der neue Quarzfaden gab nur mehr etwa ein Viertel dieses Ausschlages für dieselbe Spannung. In Anbetracht des kleinen Betrages der Entladung, der durch die freiwillige Ionisation der Luft eintritt, ist es sehr wesentlich, dass jede Vorsicht getroffen wurde, um vor äusseren elektrostatischen Störungen sicher zu sein. Das Elektrometer und alle Zuführungsdrähte wurden in Metallcylinder eingeschlossen, die zur Erde abgeleitet waren. Der Boden und das Holzwerk in der Nachbarschaft des Prüfungsapparates wurden mit Metall bedeckt und an Erde gelegt, die Schaltung der Quadranten wurde mit Hilfe eines besonderen Quecksilberschlüssels bewirkt, der aus der Entfernung mittels eines Bindfadens bethätigt wurde.

Die isolierenden Substanzen, die bei der Anordnung notwendig waren, wurden mit Hilfe von Flammen vollständig entelektrisiert.

Ionisation der atmosphärischen Luft.

Vorversuche zeigten, dass der mit dem Elektrometer zwischen Cylindern beobachtete Strom nur von dem Volumen des zwischen den beiden Cylindern eingeschlossenen Gases und nicht von der Natur der Elektroden abhing.

Folgende Versuchsanordnung wurde getroffen, um die Zahl der im cm³ Luft pro Sekunde erzeugten Ionen und die Änderung des Ionisationsstromes mit der Potentialdifferenz zwischen den Elektroden zu bestimmen.

Der Ionisationsstrom wurde zwischen zwei konzentrischen Zinkcylindern von 124 cm Länge, 25,5 und 7,5 cm Durchmesser beobachtet. Die Cylinder waren senkrecht aufgestellt, und ihr Boden war geschlossen. Der weite Cylinder war oben durch eine Zinkplatte geschlossen, in deren Mitte eine Kreisöffnung von etwas grösserem Durchmesser angebracht war, als dem inneren Cylinder entsprach. Ein oben an dem inneren Cylinder ringsum befestigter Verschlussring grenzte an einen Ebonitring. Zwischen dem Ebonit und der Zinkplatte befand sich ein dünner Metallring, der an Erde gelegt war, und dieser stiess an einen Ring aus einem Halbleiter, wie Pappe. Der dünne, an Erde gelegte Metallring diente als Schutz, so dass bei keiner noch so hohen Potentialdifferenz zwischen den Cylindern ein Strom über den Isolator zum inneren Cylinder fliessen konnte. Der innere Cylinder war in der bekannten Weise mit dem Elektrometer verbunden. Der äussere Cylinder war an den einen Pol einer Batterie angeschlossen, der andere Pol derselben lag an Erde.

Die Elektrometernadel zeigte bald eine von dem Ionisationsstrome zwischen den Elektroden herrührende lebhafte Bewegung, bei einer Potentialdifferenz von wenigen Volt zwischen den Cylindern.

Der Cylinder wurde ziemlich luftdicht gemacht und ohne Störung stehen gelassen. Über einen Zeitraum von mehr als einem Monat wurden Beobachtungen des Ionisationsstromes zwischen den Cylindern gemacht. Um Korrektionen wegen der Empfindlichkeitsänderung des Elektrometers zu vermeiden, wurde zu gleicher Zeit der Ionisationsstrom zwischen zwei isolierten parallelen Platten gemessen, der von einer Einheitsprobe Uraniumoxyds erzeugt wurde.

Die Kurven der Fig. 1 zeigen die Beziehung zwischen dem Strome im Gase und der verwendeten Spannung. Kurve I wurde aufgenommen, nachdem das Gas einen Monat lang ohne Störung in dem Cylinder gewesen war, Kurve II einige Stunden, nachdem gewöhnliche Zimmerluft in den Apparat eingeführt war. Der Strom ist für 50 Volt in beiden Fällen fast derselbe; die allgemeine Gestalt der Ionisationskurven ist derjenigen sehr ähnlich, die man bei Ionisation der Luft durch Röntgen- und Becquerelstrahlen beobachtet hat. Mit Rücksicht auf den sehr kleinen Betrag der Ionisation in dem Gase und der infolgedessen langsamen Wiedervereinigung wird der maximale Strom bei einer sehr niedrigen Spannung erreicht. Der Unterschied in Kurve I und II rührt wahrscheinlich von der Anwesenheit von Staubteilchen im letzteren Falle her. Einige der Ionen geben bei ihrer langsamen Wanderung zwischen den Elektroden ihre Ladungen an die Staubwolken ab, und dadurch wächst offenbar die Schnelligkeit der Wiedervereinigung der Ionen in dem Luftvolumen. Es muss beachtet werden, dass

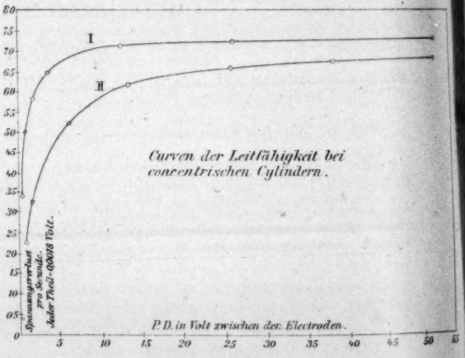


Fig. 1.

in Kurve I der maximale Strom nahe bei einer Potentialdifferenz von 5 Volt erreicht wird. Die Kapazität des Elektrometers, des Cylinders und der Isolatoren war 150 E. S.-Einheiten, während 1 mm Teilstrich am Elektrometer 0,00182 Volt entsprach. Der Durchnittswert der Elektrometerablenkung während der länger als einen Monat dauernden Beobachtungen war 100 Teile in 132 Sekunden, bei 50 Volt zwischen den Cylindern.

Der Ionisationsstrom zwischen den Cylindern war so $6{,}9 \cdot 10^{-4}$ E. S.-Einheiten oder $2{,}3 \cdot 10^{-13}$ Ampère.

Das Volumen zwischen den Cylindern war 71200 cm^3. Nimmt man den Wert von $6{,}5 \cdot 10^{-10}$ E. S.-Einheiten als die Ladung auf einem Ion[1]), so ist die Zahl der im cm^3 pro Sekunde erzeugten Ionen 15.

Dieser Wert ist nicht sehr verschieden von der Zahl 19, die von Wilson mit Hilfe der elektroskopischen Methode gefunden wurde.

Ein Unterschied in dem Ionisationsstrome zwischen den Cylindern wurde innerhalb eines Zeitraumes von mehr als einem Monat nicht beobachtet.

Die Erzeugung von Radioaktivität in der Luft legte die Anschauung nahe, dass möglicherweise eine radioaktive Ausströmung in der Luft vorhanden war. Wenn das so ist, so nimmt deren Strahlungsfähigkeit sehr viel langsamer ab, als die vom Radium herrührende Ausströmung.

Um zu prüfen, ob zeitweilige Ionisation ausser in Luft auch in anderen Gasen erregt würde, wurde der grosse Cylinder durch Verdrängung der Luft mit Kohlensäure gefüllt. Die Kohlensäure wurde aus einer Bombe mit käuflicher flüssiger Kohlensäure entnommen. Die Ionisation war zuerst grösser als die in Luft, aber nach einigen Stunden ging sie allmählich auf einen von dem bei Luft gefundenen nicht sehr verschiedenen Wert herab. Dieses Resultat scheint zu zeigen, dass in Kohlensäure eine zeitweilige Ionisation von etwa derselben Grössenordnung auftritt, wie in Luft. Nach der Natur dieser Experimente indessen musste ein kleiner Bruchteil sowohl von Luft wie von anderen Verunreinigungen zugegen sein, und es ist möglich, dass eine solche Beimengung das Resultat stark beeinflusst.

Erzeugung von erregter Radioaktivität.

Wie Elster und Geitel zuerst hervorgehoben haben, ist die Erscheinung der von Luft erregten Radioaktivität derjenigen sehr ähnlich, die von Thorium und Radium hervorgerufen wird. Die Radioaktivität wird in einem starken elektrischen Felde in beiden Fällen allein an der Kathode erzeugt. Noch nie ist Radioaktivität an einem positiv geladenen und der Luft ausgesetzten Drahte beobachtet worden. Eine besondere Reihe von Versuchen wurde gemacht, um die zeitliche Abnahme der erregten Radioaktivität zu ermitteln, die an einer negativ geladenen Oberfläche entsteht.

Bei einem Versuche wurde eine isolierte, 8 Fuss lange Messingstange, die ausserhalb des Fensters angebracht war, mit Hilfe einer grossen Reibungselektrisiermaschine auf einen Potential von ungefähr 100000 Volt gehalten. Nach einer Exposition von einer Stunde wurde der Stab weggenommen, innerhalb eines Prüfcylinders aufgestellt, und die durch die erregte Radioaktivität hervorgerufene Ionisierung zwischen den Cylindern in regelmässigen Zeiträumen gemessen. Wenn der Stab positiv geladen war, wurde keine erregte Radioaktivität erzeugt.

Bei einem andern Versuche wurde ein langer Kupfer- oder Bleidraht in dem grossen Dachgeschoss des Laboratoriums aufgehängt, wo keine Gelegenheit war, dass sich die Luft durch die in dem Laboratorium verwendeten radioaktiven Substanzen verunreinigte. Der Draht wurde einige Stunden mit einer durch einen Motor getriebenen Wimshurstmaschine auf einen Potential von 20000 bis 30000 Volt gehalten. Der Draht wurde dann vollständig auf ein eisernes Gestell aufgewickelt und in einen Prüfcylinder gebracht. Die Abnahme der Radioaktivität in der Zeiteinheit fand sich unabhängig von dem Material des Drahtes oder Stabes, und, innerhalb der Versuchsgrenzen, nicht sehr von der Spannung und der Expositionszeit des Drahtes beeinflusst. Der Grad der erregten Radioaktivität wächst bei einem gegebenen Drahte zuerst regelmässig mit der Zeit, aber nach einigen Stunden sehr viel langsamer.

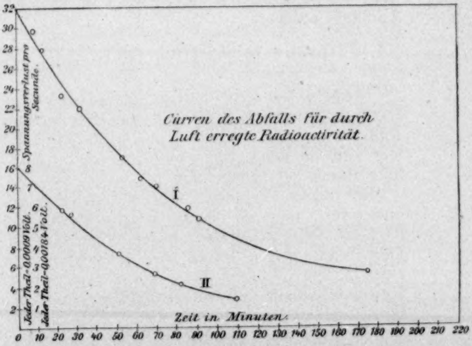


Fig. 2.

1) J. J. Thomson, Phil. Mag. Decbr. 1898.

In den Kurven der Figur 2 ist die Abnahme der Strahlungsfähigkeit mit der Zeit dargestellt. Die Ordinaten bedeuten Teile der Elektrometerskala, die in der Sekunde vorüberwandern, Kurve I gilt für einen Kupferdraht vom Durchmesser 0,01 cm, 20 m lang und 2 Stunden einer Potentialdifferenz von —29000 Volt ausgesetzt. Um den Draht zu prüfen, wurde er auf ein Eisengestell von 121 cm Länge aufgewickelt und in einen Cylinder von Eisengaze gebracht. Die Potentialdifferenz zwischen den Cylindern war 50 Volt. Die natürliche Zerstreuung, die von der zeitweiligen Ionisation der Luft herrührte, war 2,5 Teile in der Sekunde. Nachdem die Korrektur für die natürliche Zerstreuung angebracht ist, ergiebt sich, dass der Ionisationsstrom (welcher ein Mass für die Intensität der Strahlung ist), in 52 Minuten auf die Hälfte seines Wertes sinkt. Kurve II gilt für einen Bleidraht von 10 m Länge und 0,125 Durchmesser, der 190 Minuten auf —30000 Volt gehalten wurde. Der Draht wurde in Form einer flachen Schneckenlinie gewunden, und der zwischen zwei Metallplatten hervorgerufene Ionisationsstrom gemessen.

Die natürliche Zerstreuung des Apparates in diesem Falle war 0,14 Sk. Teile in der Sekunde. Hier fällt die erregte Radioaktivität in ungefähr 45 Minuten auf ihren halben Wert.

Diese beiden Beobachtungen liegen um zwei Monate auseinander und wurden unter sehr verschiedenen atmosphärischen Bedingungen angestellt.

Der Abfall in der Zeiteinheit der durch Luft erregten Radioaktivität ist sehr viel schneller als der durch Thorium, welche innerhalb 11 Stunden auf die Hälfte ihres Wertes sinkt. Endgültige Vergleichungen mit der durch Radium erregten Radioaktivität konnten nicht gemacht werden, da deren Abfall unregelmässig ist und von der Besonderheit des gerade verwendeten Radiums abhängt.

Durchdringungsfähigkeit der erregten Strahlung.

Frühere Versuche hatten gezeigt, dass die Durchdringungsfähigkeit der von Thorium und Radium erregten Strahlungen gleich war. Es war von Interesse, die von Luft erregte Strahlung damit zu vergleichen.

Bei diesen Versuchen wurden Bleidrähte angewendet, um sie leicht in die Form von flachen Schneckenlinien bringen zu können. Der Draht wurde durch eine Exposition von zwei bis drei Stunden bei —30000 Volt erregt. Er wurde dann in die Form von flachen Schneckenlinien gewunden und in einen Apparat aus parallelen Platten gebracht. Der Ionisationsstrom zwischen diesen Platten wurde beobachtet, indem verschiedene Lagen dünner Aluminiumfolie aufgelegt wurden. Die durchschnittliche Dicke der Folie war 0,00034 cm.

Die Resultate sieht man in Kurve I der Figur 3, wo die Durchdringungsfähigkeit anderer

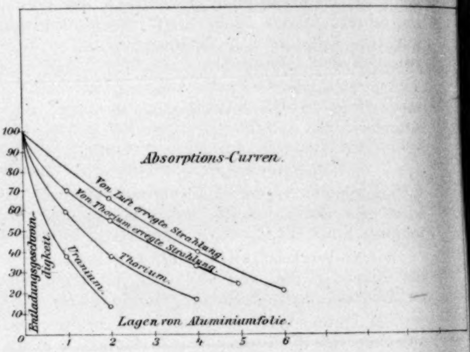


Fig. 3.

bekannter Formen von Strahlung zum Vergleich beigefügt ist. Der Ladungsverlust in der Zeiteinheit ist für die unbedeckte radioaktive Oberfläche in jedem Falle mit 100 angenommen.

Die durch Luft erregte Strahlung hat ein grösseres Durchdringungsvermögen wie jede andere Form der Strahlungen, die nicht in einem magnetischen Felde abgelenkt werden, also der von den radioaktiven Substanzen Uranium, Thorium, Natrium und Radium ausgehenden; ebenso ist sie durchdringender als die von Radium und Thorium erregte Strahlung.

Es sind jetzt Versuche im Gange, um die Änderung der auf 1 cm^3 Luft entfallenden Ionenanzahl zu verschiedenen Zeiten zu bestimmen. Hierzu wird die Luft von ausserhalb des Gebäudes her mit Hilfe eines Ventilators durch einen 30 cm weiten Metallcylinder geleitet. Die Luft passiert bei ihrem Laufe zwei parallele im Abstand von 2 cm isoliert angebrachte Drahtmarken. Der Draht nächst dem Ende ist mit dem Elektrometer, der andere mit einer grossen Batterie verbunden.

Für einen bestimmten Luftstrom wächst der am Elektrometer beobachtete Strom mit der Spannung, bis ein Punkt erreicht ist, bei dem eine Zunahme der Spannung keine Stromzunahme mehr bewirkt. Wenn die zweite Marke positiv geladen ist, so wandern die positiven Ionen dem Luftstrom entgegen. Wenn die Ionengeschwindigkeit in dem elektrischen Felde wesentlich grösser ist, als die des Luftstromes, so erreichen alle positiven Ionen die erste Marke und der Elektrometerstrom ist ein Maximum.

Aus derartigen Beobachtungen, bei denen die Geschwindigkeit des Luftstromes zwischen 100 und 250 cm/sec verändert wurde, ergab sich die Geschwindigkeit des positiven Ions zu ungefähr 1,5 cm/sec für 1 Volt/cm Potentialgefälle. Das ist nicht sehr verschieden von dem von Zeleny[1]) gefundenen Werte 1,36, der sich auf Ionen bezieht, die durch Röntgenstrahlen in Luft von atmosphärischem Drucke und Zimmertemperatur erregt werden.

Wegen der fortdauernden Änderungen der Leitfähigkeit der bei diesen Versuchen durch den Cylinder gesaugten Luft konnten wir bisher die Geschwindigkeit des negativen Ions noch nicht mit Genauigkeit bestimmen. Die Ergebnisse zeigen indes jedenfalls soviel, dass diese Geschwindigkeit wesentlich grösser ist, wie diejenige des positiven Ions. Wenn man den maximalen Ladungsverlust zwischen den Marken für einen bestimmten Luftstrom bestimmt hat, kann man daraus die Zahl von positiven und negativen Ionen ermitteln, die in der durch den Cylinder geführten Luft vorhanden sind. Die Versuche sind schon im Gange, und die allgemeinen Ergebnisse zeigen, dass diese Zahl sich beständig ändert, von Stunde zu Stunde, von Tag zu Tag. Klare sonnige Tage haben ziemlich die höchsten Werte ergeben, während Tage mit Schneefall tiefe Werte liefern.

Bei den meisten dieser Versuche, die wir während des trockenen kanadischen Winters machten, wechselte die Aussentemperatur zwischen —3 und —18° C.

Diskussion der Ergebnisse.

Bei diesem Stande unserer Kenntnis über die Radioaktivität dürfte es nicht überflüssig erscheinen, einige Vorstellungen über die mögliche Ursache der zeitweiligen Ionisation der Luft und die von Luft erregte Radioaktivität zu entwickeln.

In der vorhergehenden Nummer dieser Zeitschrift[2]) hat der eine von uns nachgewiesen, dass die von Thorium- und Radiumverbindungen erregte Radioaktivität direkt von der radioaktiven Ausströmung herrührt, die von diesen Substanzen ausgeht. Es wurde gezeigt, dass die erregte Radioaktivität von der Ablagerung einer strahlenden Substanz an der negativen Elektrode herrührt, vermittelt durch positive „Träger", welche in einem elektrischen Felde mit Geschwindigkeiten wandern, die von derjenigen des positiven, durch Röntgen- und Becquerelstrahlen in Luft erregten Ions sehr wenig verschieden sind.

Wenn kein elektrisches Feld vorhanden ist, so werden diese radioaktiven Träger durch Diffusion auf alle Körper in ihrer Nachbarschaft zerstreut. In einem starken elektrischen Felde werden sie alle zur Kathode getrieben, auf die dann die erregte Radioaktivität beschränkt ist.

Zwei mögliche Erklärungen der Entstehungsweise dieser positiven Strahlungsträger wurden vorgebracht, entweder

1. dass die radioaktive Substanz der Ausströmung auf dem positiven Ion verdichtet wird, welches von der Ausströmung durch Strahlung erzeugt wird (ähnlich, wie sich Wasserdampf in einem ionisierten Gase auf dem negativen Ion niederschlägt), oder

2. dass das Molekül der Ausströmung (nach den Anschauungen J. J. Thomsons) die Fähigkeit besitzt, ab und zu ein negativ geladenes Korpuskel oder ein Elektron mit grosser Geschwindigkeit von sich wegzuschleudern. Als Folge hiervon würde das Molekül eine gleichgrosse positive Ladung zurückbehalten und in einem starken elektrischen Felde zu der Kathode wandern. Von dieser Anschauung aus würde die erregte Strahlung von inneren Schwingungen herrühren, die in dem Molekül infolge der Ausstossung des Elektrons erregt würden.

Obschon beide Anschauungen die experimentellen Ergebnisse hinreichend zu erklären vermögen, scheint doch die zweite die wahrscheinlichere zu sein.

Wenn wir die Elektronenhypothese annehmen, so muss vorausgesetzt werden, dass die Fähigkeit, Elektronen auszuschleudern, bei bestimmten Formen der Materie sehr ausgesprochen ist, wie bei der Ausströmung von Radium- und Thoriumverbindungen und bei festen Körpern, wie Uranium, Radium und Aktinium. (Siehe die Resultate von Becquerel, Curie, Debierne und anderen).

Es ist indessen möglich, dass diese Fähigkeit in viel geringerem Grade auch bei anderen bekannten Formen der Materie vorhanden ist. Wenn einer oder mehrere der Gasbestandteile unserer Atmosphäre die Eigenschaft hätte, ab und zu ein Elektron abzustossen, so würde die zeitweilige Ionisation der Luft und die durch sie erregte Radioaktivität auf einmal erklärt sein.

Die zeitweilige Ionisation der Luft würde so von den Ionen herrühren, die in dem Gase durch die Bewegung des weggeschleuderten Elektron hervorgerufen würden, gerade so, wie ein Kathodenstrahlträger auf seinem Wege Gasionen erzeugt.

Die positiven Strahlungsträger, die nach der Ausstossung des Elektrons übrigbleiben, würden an die Kathode überführt werden und dort zu den Erscheinungen der erregten Radioaktivität Anlass geben.

Da es unwahrscheinlich ist, dass innere Schwingungen von Molekülen verschiedener chemischer Natur sowohl nach Charakter wie

1) Phil. Trans. Roy. Soc. 1900.
2) Diese Zeitschr. 3, 210, 1902.

nach Dauer dieselben sind, so ist zu erwarten, dass von verschiedenen Substanzen erregte Radioaktivität sowohl in Bezug auf die Durchdringungsfähigkeit, wie auch den Ladungsabfall pro Zeiteinheit verschieden sein wird.

Die Versuchsergebnisse dieser Mitteilung zeigen, dass die erregte Strahlung für Thorium, Radium und Luft mit sehr verschiedenem Betrage abfällt. Ebenso ist die Durchdringungsfähigkeit der von Luft erregten Strahlung grösser als die vom Thorium und Radium.

Vorstehende Anschauung ist früher von dem einen von uns in einem Briefe an die „Nature" entwickelt worden, wo auch gezeigt ist, dass die Ausströmung vom Radium sich wie ein radioaktives Gas verhält und direkt der erregten Radioaktivität entspricht. Elster und Geitel haben diese Anschauung aufgenommen und die Ansicht ausgesprochen, dass die zeitweilige Ionisation und erregte Radioaktivität der Luft von einer radioaktiven Ausströmung oder einem radioaktiven Gase in unserer Atmosphäre herrühren möchte. Diese Ausströmung würde zur Ionisation und erregten Radioaktivität in derselben Weise Anlass geben, wie Thorium- und Radiumausströmung.

Zwei von uns beobachtete Thatsachen, welche mit der Elektronhypothese in gutem Einklange stehen, sind nicht leicht nach der Ausströmungsanschauung zu erklären. Es wurde gezeigt, dass der Betrag der zeitweiligen Ionisation in einer begrenzten Luftmasse immer derselbe blieb, wenn man dieselbe einen Monat unverändert liess, und dass die zeitweilige Ionisation in Kohlensäure von der in Luft nicht sehr verschieden war. Will man diese Ergebnisse aus der „Ausströmungsanschauung" erklären, so müsste man annehmen, dass die Strahlung von der Ausströmung weg mit äusserster Langsamkeit erfolge, und dass der Betrag der mit Kohlensäuregas vermischten Ausströmung ungefähr derselbe wie in Luft wäre. Das letztere erscheint besonders unwahrscheinlich.

Gegenwärtig sind Versuche im Werke, ob eine oder mehrere Bestandteile der Atmosphäre, chemisch dargestellt, eine ausreichende zeitweilige Ionisation und erregte Radioaktivität zeigen, um von der in der Atmosphäre beobachteten Wirkung Rechenschaft zu geben.

Mc Gill Universität, Montreal, Physikalisches Laboratorium, 20. Dez. 1901.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

(Eingegangen am 25. Januar 1902.)

Die anomale Dispersion von Natriumdampf.

Von R. W. Wood.

Die anomale Dispersion von Natriumdampf in unmittelbarer Nähe der *D*-Linien ist zum ersten Male von Kundt beobachtet und seither von Becquerel und Julius untersucht worden. Doch hat keiner dieser Forscher die Erscheinung über ein Bereich des Spektrums verfolgt, das grösser wäre, als der doppelte oder dreifache Linienabstand.

In einer früheren Arbeit [1]) habe ich gezeigt, wie unter gewissen Umständen durch anomale Brechung weissen Lichtes in einer nichthomogenen Atmosphäre von Natriumdampf ein Spektrum erzielt werden kann, das die grösste Ähnlichkeit mit dem Linienspektrum glühenden Natriums aufweist, — ganz ähnlich, wie es sich nach Julius' geistreicher Hypothese als die Erscheinung des „Blitz-Spektrums" in der invertierenden Schicht der Sonnen-Photosphäre zeigt.[2]) In Anbetracht der augenscheinlichen Wichtigkeit des Gegenstandes in seiner Bedeutung für die Theorie der Dispersion und seinem eventuellen Zusammenhang mit der Physik der Sonne, bin ich daran gegangen, zu untersuchen, ob so genaue quantitative Daten zu erzielen wären, dass man mit ihrer Hilfe die Dispersionsformel für den Fall des Natriumdampfes prüfen könnte.

Die absoluten Werte der gefundenen Brechungskoeffizienten lassen zwar zu wünschen übrig, doch wurden sehr interessante relative Werte gefunden, und, was von ganz besonderem Interesse ist, die Dispersion konnte über das ganze Bereich des sichtbaren Spektrums verfolgt und gemessen werden, und zwar war der Brechungskoeffizient für alle Wellen von höherer Frequenz als D_2 kleiner, für alle Wellen von geringerer Frequenz als D_1, hingegen grösser als die Einheit. Mit anderen Worten: ich habe mit Hilfe von Natriumdampf ein vollständiges anomales Spektrum erzielt, in dem alle Farben vertreten sind vom äussersten Rot bis zum äussersten Violett, mit alleiniger Ausnahme eines Bereiches von etwa 20 Ångström-Einheiten an den *D*-Linien.

Frühere Untersuchungen sind ausschliesslich mit Natriumflammen angestellt worden, denen man die Form eines Prismas gegeben hat. In Anbetracht der grossen Unsicherheit in Bezug auf Prismenwinkel, Dampfdichte und Molekularzustand des Dampfes, von dem man ja nicht mit Sicherheit weiss, ob er dissoziiert ist oder nicht, erschien es ratsam, nichtleuchtenden Dampf anzuwenden, wie man ihn erhält, wenn man metallisches Natrium in einem indifferenten Gase oder im Vakuum erhitzt.

1) Phil. Mag., Mai 1901.
2) Siehe diese Zeitschrift, **2**, 348, 357, 1901; **3**, 154, 1902

Die ersten Versuche wurden mit einem Prisma aus Gusseisen angestellt, das mit Fenstern aus Glimmer oder dünnem Spiegelglas versehen war, und in dem das Metall in einer Wasserstoff-Atmosphäre erhitzt wurde. Ich erzielte zwar sofort sehr schöne Resultate, doch merkte ich an gewissen Besonderheiten in der Art, wie der Dampf wirkte, dass die Brechung hauptsächlich der Wirkung des nichthomogenen Mediums zuzuschreiben war, derart, dass die Flächen konstanter Dichte horizontal lagen. Viel Mühe hatte ich mit den Fenstern, die sich sehr bald mit einem weissen Überzug bedeckten, der fast alles Licht abhielt. Da es jedoch auf der Hand lag, dass die prismatischen Flächen nur eine unerhebliche Rolle spielten und die Erscheinung fast ausschliesslich auf Rechnung der veränderlichen Dampfdichte zu schreiben war, erschien es ratsam, diesen Umstand auszunützen. Ich kam denn auch dadurch über die Verlegenheit hinweg, dass ich die Glasplatten in solche Entfernung von dem erhitzten Dampf brachte, dass es zu keinem Niederschlage mehr kam.

Die schliessliche Anordnung bestand einfach aus einer etwa 30 cm langen Glasröhre, an deren beiden Enden mit Siegellack kleine Scheiben Spiegelglas befestigt waren. Vermittelst zweier enger Glasröhren, die in der aus Figur 1 ersichtlichen Weise angeordnet waren, wurde dann Wasserstoff eingelassen, der vorher über Calciumchlorid geleitet und so getrocknet worden war.

Der Durchmesser dieser Röhren darf 2 mm nicht überschreiten; sie müssen dicht an den Seitenwänden der weiteren Röhre entlang geführt werden, da sie sonst dem Lichte keinen unbeschränkten Zutritt gewähren. Für die weite Röhre ist 2 cm der geeignetste Durchmesser.

Da die hier zu beschreibenden Versuche sicherlich einen jeden, der sich die Mühe nehmen sollte, sie zu wiederholen, befriedigen dürften, und da dieselben sich auch als Vorlesungsversuche ganz besonders geeignet erweisen dürften, um anomale Dispersion zu demonstrieren, so will ich mehr im einzelnen die Herstellungs- und Benutzungsweise dieser Dispersionsröhren in der Form beschreiben, die ich am vorteilhaftesten gefunden habe: Zuerst werden die Röhrenenden erwärmt und mit Siegellack dick bestrichen; dann wird das eine Glasröhrchen an Ort und Stelle angebracht und ein vorher erwärmtes kleines Stück Spiegelglas gegen den Lack gedrückt, so dass alle kleinen Spalten rund um die Glasröhre mit Lack geschlossen werden. Darauf wird die Zuleitungsröhre angebracht und ein Stück frisch geschnittenes Natrium, dessen Dimensionen etwa 5 mm betragen, eingeführt. Sodann wird das andere Fenster angekittet und so schnell wie möglich mit der Durchleitung des Wasserstoffstromes begonnen. Einige Übung ist erforderlich, um diesen während der Versuche zu regulieren. Wenn man nämlich anfängt, die Röhre zu erhitzen, bildet sich viel weisser Rauch. Doch wenn man den Strom derart reguliert, dass pro Sekunde etwa eine Gasblase austritt, klärt sich der Rauch gewöhnlich nach Verlauf weniger Minuten auf und stört nicht weiter. Die Röhre wird am besten mit einem halb nach unten gekehrten Bunsenbrenner erwärmt, derart, dass die Flammenspitze den Röhrenboden bestreicht. Wenn man hinter die Röhre eine Natriumflamme stellt, kann man die Dampfbildung gut beobachten; der Dampf hebt sich nämlich gegen die Flamme fast kohlschwarz ab, während er in weissem Licht durchaus farblos ist.

Zur Untersuchung der Dispersion des Dampfes kam ein Apparat zur Anwendung, der im wesentlichen mit dem Becquerelschen identisch ist:

Das Licht einer Bogenlampe wurde auf den horizontalen Spalt eines Kollimators konzentriert; die parallel gemachten Strahlen passierten diesen und gingen dann durch die ganze Länge der Dispersionsröhre. Eine zweite Linse konzentrierte sie sodann nach einem Brennpunkt im Spalte eines Spektroskops, wenn die Dispersion nach der Methode der gekreuzten Prismen untersucht werden sollte, oder nach dem Brennpunkt eines Okulars, wenn das anomale Spektrum subjektiv beobachtet werden sollte.

Bei den ersten Versuchen wandte ich die Methode der gekreuzten Prismen an, und zu diesem Zwecke war das Spektrometer mit einem ebenen Rowlandschen Gitter versehen, das die Natriumlinien weit getrennt zeigte. Es war so-

Fig. 1.

fort ersichtlich, dass meine Dispersionsröhren weit bessere Resultate gaben, als die Methode der Flammenprismen es je ermöglicht hatte. Die gekrümmten Äste des Beugungsspektrums auf beiden Seiten der Natriumlinien waren durchaus scharf und fest, und die Dispersion konnte bis zu einer beträchtlichen Entfernung über beide Seiten des Spektrums hin verfolgt werden. Am Spalte des Spektrometers erschien, an Stelle des weissen Bildes des horizontalen Spaltes, ein schönes anomales Spektrum, von grossem Glanz und grosser Reinheit. Wenn dann das Spektrometer entfernt und an seine Stelle ein Okular gebracht wurde, zeigte sich gleichfalls ein prachtvolles Spektrum.

Bevor ich jedoch dieses Spektrum im einzelnen bespreche, möchte ich noch von den Resultaten berichten, die ich mit der Methode der gekreuzten Prismen erzielt habe. Wenn die Röhre erhitzt wird, kann man zunächst die Krümmung des Spektrums sowohl zwischen den *D*-Linien als rechts und links davon beobachten, und zwar stellt sich alles so dar, wie von Becquerel beschrieben; nach Verlauf weniger Sekunden jedoch wird der Dampf so dicht, dass Totalabsorption des gesamten Lichtes zwischen den Linien eintritt. Julius spricht die Ansicht aus, dass dieses Verschwinden des Lichtes zwischen den *D*-Linien nur von der starken Dispersion komme, dass dieses also nicht absorbiert, sondern nur nach der einen Seite hin abgelenkt wird, so dass es nicht in das Instrument treten kann. Nach meiner Meinung ist dies jedoch nicht zutreffend, da ich dieselbe Erscheinung unter Bedingungen beobachtet habe, wo die Möglichkeit einer seitlichen Ablenkung vollständig ausgeschlossen ist. Wie ich weiter unten zeige, ist die Breite des Absorptionsstreifens manchmal gleich der zwanzigfachen Breite des Spektrums zwischen den *D*-Linien.

Die entgegengesetzt gekrümmten Äste, die sich an das Absorptionsgebiet anschliessen, wachsen schnell an, wenn die Röhre heisser wird, und schliesslich treten die Enden aus dem Gesichtsfeld des Instrumentes heraus. Im Rot und im Grünblau tritt dann schöne Streifenabsorption auf, die einen Bereich im Blau schliesslich fast völlig auswischt. Unterdessen nimmt die Krümmung des Spektrums in ganz merkwürdiger Weise zu: der ganze rote Ast liegt hoch über dem grün-blauen Teil. Wenn die Dampfdichte zunimmt, verblasst das Rot allmählich; es bleibt nur Gelb und Grün und das äusserste Blau und Violett, während die Krümmung fortdauernd zunimmt. Das Streifen- oder Rippenspektrum ist von Roscoe und Schuster vor etwa 25 Jahren beschrieben worden, doch ist meines Wissens seitdem nicht mehr darüber gearbeitet worden. Ich habe kürzlich mit Hilfe eines konkaven Rowlandschen Gitters ausgezeichnete Photographien hiervon erzielt, die vom äussersten Rot bis zum Violett gehen; ich finde, dass dasselbe viel ausgedehnter ist, als man angenommen hatte, denn die Streifen gehen direkt bis zum Absorptionsstreifen an den *D*-Linien, und zwar auf beiden Seiten, wenn sie auch auf der Seite der kürzeren Wellenlänge sehr undeutlich sind. Dieses Spektrum will ich in einer späteren Arbeit besprechen.

Von dem Dispersionsspektrum des Beugungsgitters habe ich sehr befriedigende Photographien erzielt. Nach beendigter Belichtung, doch vor dem Entfernen der Platte, wurde eine kleine Natriumflamme vor den Spektrometer-

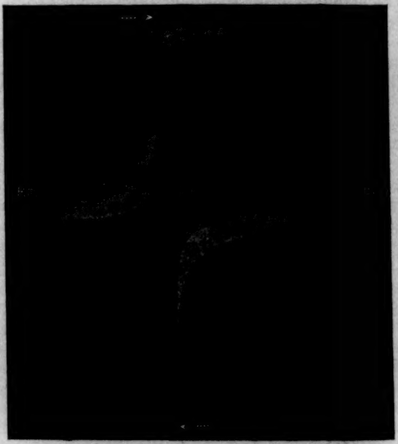


Fig. 2.

spalt gebracht: man erhielt so auf der Platte ein Bild der Natriumlinien an ihrer Stelle im Spektrum und konnte dieses als Marke benutzen. Um Photographien von der Dispersion bei grösserer Dichte des Natriumdampfes zu erzielen, war grössere Lichtstärke wünschenswert, und deswegen wurde das Gitter durch ein kleines Prisma ersetzt. Dieses Prisma löste auf den Negativen die Natriumlinien nur gerade auf, gab aber ausgezeichnete Bilder des Spektrums mit starker Natriumdispersion. So wurde Fig. 2 hergestellt; auf derselben sind die Streifen im Rot und Grün ersichtlich, wenn auch nicht sehr scharf.

Da bei jeder Wiedergabe von den feinen Einzelheiten viel verloren geht, habe ich in Fig. 2 die äussersten Punkte, bis zu denen die gekrümmten Äste am Absorptionsstreifen auf

dem Original-Negativ verfolgt werden können, mit Pfeilen bezeichnet. Bei Beobachtung mit blossem Auge kann man dieselben jedoch viel weiter verfolgen, denn die Endspitzen sind äusserst schwach und das Licht chemisch nicht sehr wirksam.

Bei der Darstellung des direkten Spektrums, wie es ein Prisma von Natriumdampf giebt, erhält man die besten Resultate mit einer langen Dispersionsröhre und einem Satz von vier bis fünf Prismen. Die Natriumstückchen müssen mindestens etwa 6 bis 8 cm auseinanderliegen, und für jedes einzelne muss besonders ein kleiner Bunsenbrenner in Anwendung kommen.

Man kann zwar schon mit einem einzigen Prisma ein recht schönes anomales Spektrum erzielen, doch ist in Anbetracht der prachtvollen Resultate, welche die Anwendung eines ganzen Satzes ermöglicht, die kleine weitere Mühe nicht verloren. Wenn die Lichtquelle der elektrische Bogen ist, findet man, dass das äusserste Violett die Stelle des unabgelenkten Spaltbildes einnimmt. Dann kommt Blau, manchmal in direktem Anschluss an Violett, manchmal hingegen durch eine feine dunkle Linie von ihm leicht getrennt, da ja das violette Licht von der gerippten Kohlenstoffbande des Bogens kommt, die vom Blau durch ein verhältnismässig dunkles Bereich getrennt ist. Darauf folgt eine breite Lücke, die dem Lichte entspricht, das im blaugrünen Bereich (dem gerippten Spektrum) vom Natriumdampf absorbiert wird, und darüber ein prächtiger Farbenstreifen, der von Blaugrün in Grasgrün und schliesslich in Gelb übergeht. Der rote und orangenfarbige Teil des Spektrums liegt auf der anderen Seite des unabgelenkten Bildes, oder unterhalb desselben, und bildet einen zweiten glänzenden Farbenstreifen. Vom Violett ist es, infolge der Absorption bei den *D*-Linien, durch einen breiten dunklen Streifen geschieden. Wenn die Röhre stärker erwärmt wird und so die Dichte des Dampfes wächst, breitet sich der rote Streifen weiter nach unten aus, wird schwächer und verblasst schliesslich ganz infolge des Auftretens von gerippten Absorptionsstreifen im Roten. Grün und Blau bleiben weiter, wenn sie auch immer weiter voneinander getrennt sind, bis schliesslich auch Grün fast vollständig verschwindet. Am besten bringt man den Gashahn so an, dass man die Flammenhöhe regulieren kann, ohne sich vom Okular zu entfernen, da es ganz wunderbar ist, eine wie geringe Veränderung dazu genügt, den ganzen Charakter des Spektrums zu verändern.

Die Glasröhre darf man, bevor der Versuch beendigt ist, nicht abkühlen lassen, da sie sonst sofort zerspringt, wenn man die Flamme wieder heranbringt.

Glas ist zwar für Versuche, die nur kurze Zeit dauern, ein recht geeignetes Material, doch ist sonst Eisenblech vorzuziehen. Jeder Klempner kann brauchbare Röhren herstellen: dieselben müssen aus dünnem Eisenblech verfertigt sein; der umgewendete Lötsaum wird gehämmert, bis ein dichter Schluss hergestellt ist. Solche Röhren können beliebig oft erhitzt und abgekühlt werden, und man kann sie ein bis zwei Stunden lang hintereinander benutzen. Nach Ablauf dieser Zeit ist das Natrium gewöhnlich aufgebraucht, und ein moosartiger Satz von Oxyd hat allmählich die Röhre angefüllt. Die Röhren können, ohne Schaden zu nehmen, immer und immer wieder benutzt werden und sind in jeder Hinsicht befriedigend. Ihr einziger Fehler ist ihre Wärmeleitfähigkeit, da der Siegellack weich wird und die Glasplatten abfallen; doch diesem Übelstand kann abgeholfen werden, wenn man um beide Enden ein Stück Leinwand wickelt und dieses von Zeit zu Zeit anfeuchtet. Ich habe auch Röhren mit Wassermänteln an beiden Enden anfertigen lassen, doch erzielt man hiermit anscheinend keinen besonderen Vorteil und kompliziert nur den Apparat. Porzellanröhren sind recht brauchbar, doch gebe ich im allgemeinen den eisernen den Vorzug.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen am 31. Januar 1902.)

Zur Temperaturbestimmung von Flammen.

Von O. Lummer und E. Pringsheim.

Die Auffindung der Strahlungsgesetze für den schwarzen Körper und das blanke Platin hat die Grundlage für mehrere Methoden geliefert, um die Temperatur auch nichtschwarzer, leuchtender Körper mit ziemlicher Genauigkeit zu bestimmen. Auch die Temperatur leuchtender Flammen liess sich angeben unter der Voraussetzung, dass die Strahlungseigenschaften der glühenden Kohlepartikelchen zwischen denen des schwarzen Körpers und des blanken Platins liegen.[1])

Nur die nichtleuchtenden Flammen sind von diesen Methoden ausgeschlossen, da sie ein diskontinuierliches, aus einzelnen Banden bestehendes Spektrum besitzen. Hier kann man aus der Emission allein keine direkten Schlüsse auf die Temperatur ziehen, wohl aber kann man hoffen, bei gleichzeitiger Messung der Absorption über die Temperatur Aufschluss zu erhalten. Die Messung der Absorption strahlen-

1) O. Lummer und E. Pringsheim, Verhandlgn. der Deutsch. Phys. Ges. 1, 215—235, 1899.

der Flammen bleibt stets misslich. Man umgeht sie ganz, wenn man genügend dicke strahlende Schichten nimmt oder wenn man die bekannte Methode der Umkehrung der Spektra anwendet.

Relativ einfach gestaltet sich die Temperaturbestimmung, wenn es gelingt, die schwarze Strahlung bei Temperaturen zu verwirklichen, welche die zu messende Flammentemperatur übersteigen, mindestens aber erreichen. Mit dem von uns konstruierten elektrisch geglühten Kohlekörper [1]) hoffen wir Temperaturen bis 3000^0 zu erreichen.

Alle auf der Strahlung beruhenden Methoden der Temperaturbestimmung sind nur bei denjenigen Flammen brauchbar, bei denen es sich um reine Temperaturstrahlung handelt. Bei den Kohlenwasserstoff-Flammen z. B. kommen die Bandenspektra der Kohlensäure und des Wasserdampfes in Betracht. Ob diese Emission der reinen Temperaturstrahlung angehört, oder ob Luminescenz mitwirkt, ist eine noch unentschiedene Frage. [2]) Ergiebt sich aus der Umkehrung der verschiedenen Absorptionsbanden nicht die gleiche Temperatur der Flamme, so kann man wohl schliessen, dass die Emission zum Teil durch Luminescenz hervorgebracht wird. Sollten dagegen die CO_2- und H_2O-Banden bei ein und derselben Temperatur des schwarzen Körpers umgekehrt werden, dann dürfte diese Temperatur die wahre Flammentemperatur sein. Bei den durch Metalldämpfe (Na, K etc.) gefärbten Flammen versagt dagegen diese Methode ganz. Denn in allen Fällen, in denen die Emission nur aus homogenen Wellen besteht, hängt die Umkehrung der Spektrallinien nicht allein von der Temperatur des schwarzen Körpers ab, sondern es können die Linien durch blosse Änderung der Dispersion zum Verschwinden oder Wiedererscheinen gebracht werden.

Aber auch bei reiner Temperaturstrahlung und nichthomogener bezw. kontinuierlicher Emission liefert diese Methode nur dann richtige Werte der Temperatur, wenn das Reflexionsvermögen der Flamme gegen ihr Absorptionsvermögen zu vernachlässigen ist. Ist dies nicht der Fall, so tritt das Kriterium (Schwelle der Umkehr bezw. Helligkeitsgleichheit mit und ohne Flamme) ein, ohne dass die Temperaturen des schwarzen Körpers und der zu untersuchenden Flamme ungleich sind. In diesem Falle sei T_1 die Temperatur des schwarzen Körpers und S_1 sein Emissionsvermögen für das untersuchte Wellenlängengebiet. Entsprechend seien T_2 die Temperatur der Flamme, E ihr Emissionsvermögen, A ihr Absorptionsvermögen, R ihr Reflexionsvermögen und D ihr Durchlassungsvermögen. Die Gleichgewichtsbedingung ist dann:

$$DS_1 + E = S_1.$$

Ist S_2 das Emissionsvermögen des schwarzen Körpers für die Temperatur T_2, so ist:

$$E = AS_2,$$

also folgt:

$$S_2 = \frac{1-D}{A} S_1$$

oder da $R + A + D = 1$ ist:

$$S_2 = \left(1 + \frac{R}{A}\right) S_1 \qquad 1)$$

Ist R also nicht klein gegen A, so wird $S_2 > S_1$ oder $T_2 > T_1$, d. h. die Flammentemperatur ist zu klein gemessen. Die Voraussetzung

$$1 + \frac{R}{A} = 1$$

dürfte wenigstens bei den stärkeren Absorptionsbanden der nichtdurchleuchtenden Flammen nahe erfüllt sein. Ob dies aber auch bei den mit kontinuierlichem Spektrum leuchtenden Flammen der Fall ist, erscheint uns zweifelhaft.

Neuerdings hat Herr Kurlbaum [1]) gemessen, bei welcher Temperatur des schwarzen Körpers die Helligkeit im sichtbaren Gebiet des Spektrums (Rot) durch Einschalten der Kerzenflamme in den Strahlengang nicht geändert wird. Indem bei dieser, auf der Umkehrung der Spektra beruhenden Methode die Flammentemperatur gleich derjenigen des schwarzen Körpers gesetzt wird, bleibt der Einfluss der Reflexion unberücksichtigt. Die so erhaltene Temperatur der Kerze ist daher notwendig zu klein. Um wieviel sie zu erhöhen ist, wäre nur angebbar, wenn man das Verhältnis von R und A kennen würde. Da Angaben hierüber fehlen, so haben wir, um einen Anhaltspunkt zu gewinnen, vorläufig das Durchlassungsvermögen D und damit $R + A = 1 - D$ bestimmt. Diese Messungen ergaben für den roten Spektralbezirk:

$$D = 0{,}8, \text{ also } R + A = 0{,}2.$$

Je nach den Umständen wird R/A verschiedene Grösse haben können. Unter der willkürlichen Annahme z. B., dass die in der Kerze glühenden Kohlepartikelchen 5 resp. 10 Proz. der auffallenden Strahlen durch Reflexion und Beugung zerstreuen, würde nach Gleichung 1 werden:

$$S_2 = \frac{4}{3} S_1, \text{ bezw. } S_2 = 2S_1,$$

d. h. es müsste die unter Vernachlässigung der

1) Diese Zeitschr. **3**, 97—100, 1901.

2) Vgl. Litteratur bei E. Pringsheim, „Sur l'Émission des Gaz". Congrès Intern. de Phys. Paris 1900.

1) Diese Zeitschr. **3**, 187—188, 1902.

Reflexion bestimmte Kerzentemperatur um soviele Grade erhöht werden, als man die Temperatur des schwarzen Körpers erhöhen muss, damit sein Emissionsvermögen von S_1 auf $\frac{4}{3} S_1$ bezw. $2 S_1$ steigt.

Nach unseren isochromatischen Kurven für den schwarzen Körper[1]) beträgt dieses Intervall für Rot etwa 40^0 bezw. 120^0, so dass die Kurlbaumsche Zahl sich unter den gemachten Annahmen von 1704^0 abs. auf 1740^0 bezw. 1820^0 abs. erhöhen würde, während wir aus der bolometrisch gemessenen Lage des Energiemaximums die Temperatur der Kerze zwischen 1780^0 abs. und 1960^0 abs. eingeschlossen hatten.

Übrigens ist eine genaue Übereinstimmung zwischen dem photometrisch und bolometrisch gemessenen Werte gar nicht zu erwarten, umsoweniger als die Temperatur der Kerze sich jedenfalls mit der Flammenhöhe, der Art der Kerze etc. ändert. Die gefundene geringe Abweichung kann daher kaum den Schluss rechtfertigen, dass der in der Kerze glühende Kohlenstoff selektiver strahlt als blankes Platin.

1) O. Lummer und E. Pringsheim Verhandlgn. der Deutsch. Phys. Ges. **3**, 36–46, 1901.

(Eingegangen 7. Februar 1902.)

Geschichtliches zur Erklärung der Zerstreuung der Kathodenstrahlen.

Von J. Stark.

Vor kurzem veröffentlichte ich in dieser Zeitschrift (3, 161, 1902) eine Mitteilung über die Reflexion der Kathodenstrahlen. Auf Grund der Annahme, dass zwischen den Kathodenstrahlteilchen und den reflektierenden Massenteilchen eine von der Entfernung abhängende Kraft wirke, versuchte ich die bis jetzt über die Kathodenstrahlreflexion vorliegenden Beobachtungen und Messungen systematisch zu ordnen und auf vorhandene Lücken hinzuweisen.

Wenn man in den Kathodenstrahlen bewegte elektrische Teilchen sieht, so ergiebt sich von selbst die Folgerung, dass Kräfte zwischen ihnen und anderen Teilchen auftreten können. In der Einführung jener Annahme liegt darum kein Verdienst; sie ist schon von verschiedenen Seiten gemacht und vor allem bereits von W. Weber klar und deutlich ausgesprochen, ja sogar zu den grundlegenden Zügen einer Theorie der Zerstreuung elektrischer Strahlen verwertet worden.

Herr Geheimrat Riecke hatte die Güte, mich darauf aufmerksam zu machen, dass bereits W. Weber[1]) die Zerstreuung elektrischer Teilchen behandelte, zunächst allerdings in der Absicht, auf diesem Wege zu einer elektrodynamischen Begründung von Maxwells Gastheorie zu gelangen. Bei näherem Nachlesen war ich erstaunt zu ersehen, dass die Entwickelungen von Weber Wort für Wort auf die Zerstreuung der Kathodenstrahlen übertragen werden können, dass er schon im Jahre 1878 auf die bewegten elektrischen Teilchen Bezeichnungen und Definitionen angewandt hat, die erst in den letzten Jahren neu gebildet worden sind. Es dürfte von allgemeinem Interesse sein, Webers eigene Worte kennen zu lernen. Ich citiere darum aus der Abhandlung „Elektrische Strahlung, insbesondere Reflexion und Zerstreuung der Strahlen" folgende Stellen:

S. 389. „Die Bewegungen zweier bloss durch Wechselwirkung getriebenen elektrischen Teilchen, die sich in Bewegung gegeneinander sowohl in der sie verbindenden Geraden, als auch senkrecht darauf befinden, sind in den elektrodynamischen Massbestimmungen, Bd. X dieser Abhandlungen, betrachtet und zu ihrer Bestimmung folgende Gleichungen gefunden worden:

$$\frac{u^2}{c^2} = \frac{r - r_0}{r - \varrho}\left(\frac{\varrho}{r_0} + \frac{r + r_0}{r}\cdot\frac{\alpha_0^2}{c^2}\right),$$

$$r\alpha = r_0\alpha_0,$$

wo r die Entfernung beider Teilchen voneinander, und u und α ihre relativen Geschwindigkeiten in der Richtung von r und senkrecht darauf bezeichnen; ferner bezeichnet r_0 den Wert von r, für welchen $u = o$ ist, α_0 den Wert von α, für welchen $r = r_0$ ist, endlich ϱ die von der Natur und den Massen ε und ε' der beiden Teilchen e und e' abhängenden Konstante

$$\varrho = 2\,\frac{\varepsilon + \varepsilon'}{\varepsilon\cdot\varepsilon'}\cdot\frac{e\cdot e'}{c^2},$$

wo ϱ positiv oder negativ ist wie das Produkt $e\cdot e'$."

S. 390. „Es soll nun der Fall betrachtet werden, dass zwei gleiche elektrische Teilchen e und e' aus grosser Entfernung sich einander mit grosser Geschwindigkeit u nähern ... Der Einfachheit halber soll bei dieser relativen Bewegung e als ruhend betrachtet werden. In derselben Bahn und relativ gegen e mit gleicher Geschwindigkeit soll dem Teilchen e' eine Reihe gleicher Teilchen e'', e''' ... folgen, in solchen Intervallen, dass die wechselseitigen Störungen derselben nicht berücksichtigt zu werden brauchen."

... Das System aller dieser Teilchen heisse

1) Wilhelm Webers Werke, IV. Band, Galvanismus und Elektrodynamik, Berlin 1894, 389.

ein elektrischer Strahl und die Asymptote, in der sich die Teilchen befinden, wenn sie sehr weit von e entfernt sind, diene zur Bestimmung der Richtung des Strahles."

S. 391. „Von dem Augenblicke an, wo $r = r_0$ geworden, entfernen sich die beiden Teilchen e und e' wieder voneinander, und ihre Verbindungslinie nähert sich einer anderen Geraden, die mit der Richtung, welche ee' besass, als $r = r_0$ geworden, ebenfalls einen Winkel $= \varphi_0$ bildet und mit der Richtung des ursprünglichen Strahles den Winkel $= 2\varphi_0$, welcher der Reflexionswinkel heissen soll. Dieser Reflexionswinkel ist nun aber für die verschiedenen Teilchenpaare ee', ee'' . ., welche zu demselben Strahle gehören, sehr verschieden, nach Verschiedenheit der Werte von α_0 oder $r_0 \varrho$, woraus sich ergiebt, dass ein solcher reflektierter Strahl zugleich auch zerstreut werde. Diese Zerstreuung elektrischer Strahlen soll nun nach obigen Gesetzen näher bestimmt werden."

Weber hat in erster Linie die Zerstreuung elektrischer Strahlen an elektrischen Teilchen im Auge gehabt; dass er auch an eine Zerstreuung durch ponderable Moleküle gedacht hat, geht aus folgenden Stellen hervor, deren Inhalt auch an sich grosses Interesse beanspruchen darf.

S. 394. „Nach dieser Mosottischen Vorstellung ponderabler Teilchen ergiebt sich von selbst, dass, wenn diese Teilchen sich im leeren Raume in Wurfbewegung befinden, wie nach der Krönig-Clausiusschen Gastheorie bei den Gasen angenommen wird, so würden aus den Gesetzen der elektrischen Wechselwirkung für diese im leeren Raume in Wurfbewegung befindlichen ponderablen Teilchen ähnliche Zurückwerfungs- und Zerstreuungsgesetze sich ergeben, als im vorigen Artikel für gleichartige in Wurfbewegung befindliche Teilchen gefunden worden sind." S. 395. „Es lassen sich hiernach die im vorigen Artikel gefundenen Gesetze der Zurückwerfung und Zerstreuung für Strahlen gleichartig elektrischer Teilchen auch auf Strahlen ponderabler, nach Mosottis Vorstellung zusammengesetzter Moleküle, übertragen. Und sind nun diese ponderablen Moleküle Gasmoleküle, so wird dadurch ein Aggregatzustand des Gases gebildet, welcher dem nach der Krönig-Clausiusschen Theorie den Gasen zugeschriebenem Aggregatzustande ganz entspricht, ohne dass es nötig wäre, diesen ponderablen Gasmolekülen mit Krönig eine besondere Form und Elastizität, oder mit Clausius und Maxwell besondere, einer höheren Potenz der Entfernung umgekehrt proportionale Abstossungskräfte zuzuschreiben."

Ganz ähnliche Vorstellungen hat E. Riecke[1]) in seiner Theorie des Galvanismus und der Wärme auf die Wechselwirkung zwischen einem elektrischen Teilchen und einem ponderablen Molekül angewendet. Er schreibt a. a. O. S. 357 folgendes: „Nehmen wir an, dass . . ., so bewegen sich die Teilchen in dem intramolekularen Raum in gerader Linie solange, bis sie in die Nachbarschaft eines anderen ponderablen Moleküls kommen. Von diesem werden sie aus der geradlinigen Bahn abgelenkt; sie werden dasselbe in einem kleineren oder grösseren Bogen umkreisen, um sich dann wieder zu entfernen und in gerader Linie bis zu einem dritten ponderablen Molekül weiter zu gehen."

1) E. Riecke, Wied. Ann. **66**, 357, 1899.

W. Kaufmann[1]) hat die Annahme einer Kraft zwischen elektrischen Teilchen (Kathodenstrahlen) und Molekülen in folgender spezieller Form benützt. „Ich mache die Annahme, dass zwischen den Strahlteilchen und den Molekülen eine Attraktion stattfindet, welche proportional ist der Masse des Moleküls und irgend einer Funktion $f(r)$ der Entfernung r zwischen dem Strahlteilchen und dem Molekül." Kaufmann bemerkt, dass seine auf diese Annahme gegründeten Betrachtungen über die Zerstreuung der Kathodenstrahlen in Gasen zu keineswegs widerspruchsfreien Resultaten führen. Dies darf uns an der Annahme einer Kraft nicht irre machen, da die Wechselwirkung zwischen elektrischen Teilchen und den materiellen Teilchen eines Körpers in erster Linie wohl auf elektrische Kräfte[2]) zurückzuführen sein dürfte.

Wie W. Seitz[3]), so möchte auch ich die Frage nach der speziellen Natur der Wechselwirkung zwischen elektrischen, insbesondere Kathodenstrahlteilchen und Teilchen eines Körpers zunächst noch offen lassen. Für die Ordnung und Kritik des bereits vorliegenden Versuchsmaterials, für die Vorhersage neuer Beziehungen genügt vorderhand die Annahme einer ablenkenden Kraft, die mit dem wachsenden Abstand zwischen Kathodenstrahl- und Massenteilchen kleiner wird. Die Aufgabe meiner früheren Mitteilung über die Reflexion der Kathodenstrahlen sah ich darin, die bisherigen Beobachtungen zu systematisieren und der weiteren experimentellen Forschung Richtpunkte zu geben.

1) W. Kaufmann, Wied. Ann. **69**, 111, 1899.
2) Diese Zeitschr. **1**, 399, 1900; **2**, 233, 1901.
3) W. Seitz, Ann. d. Physik, **6**, 1, 1901.

Göttingen, 25. Januar 1902.

(Eingegangen 10. Februar 1902.)

Zur Kenntnis des Eiskalorimeters.

Von G. Lindner.[1])

Seitdem in den Händen von Bunsen das Eiskalorimeter seine klassische Form angenommen hat, wird dasselbe aus bekannten Gründen zur Messung von Wärmemengen benutzt.

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Eilhard Wiedemann habe ich die Änderungen der spezifischen Wärmen von festen Körpern mit der Temperatur untersucht und dabei das Eiskalorimeter von Bunsen verwendet. Während ich noch mit den Vorarbeiten beschäftigt war, erschien eine Arbeit von Bontschew[2]), welche die Grundbedingung für die Verwendbarkeit des Eiskalorimeters in Frage stellt. Herr Bontschew findet nämlich, dass man bei aufeinander folgenden Versuchen für dasselbe Stück derselben Substanz verschiedene und zwar abnehmende Werte für die spezifische Wärme erhält. Daraus würde eine Veränderlichkeit der Schmelzwärme des Eises sich ergeben und dann die Verwendung des Eiskalorimeters zur Messung von Wärmemengen ausgeschlossen sein. Einen Anhalt würde diese Veränderung in den Beobachtungen von R. Emden[3]) finden, nach welchen in der That das Eis im Eiskalorimeter sich umlagert. Da ich gelegentlich auch derartige Resultate wie Herr Bontschew erhalten habe, so bin ich den Ursachen der Erscheinung nachgegangen. Von vornherein sei bemerkt, dass die Abnahme der spezifischen Wärme nur dann eintritt, wenn Fehlerquellen nicht vermieden werden. Beobachtungen, bei denen mit demselben Eismantel eine Reihe von Versuchen angestellt war, ergaben nacheinander folgende Werte für die mittlere spezifische Wärme von Kupfer zwischen 0^0 und 133^0:

1.	0,0944	7.	0,0847
2.	0,0971	8.	0,0842
3.	0,09624	9.	0,0821
4.	0,09662	10.	0,0868
5.	0,09592	11.	0,0888
6.	0,09512	12.	0,0878

Hieraus würden für die Schmelzwärme Unterschiede von 3 bis 14 Proz. folgen. Wahrscheinlicher schien mir aber, dass dies von Veränderungen im Eiskalorimeter herrühre. In der That zeigte sich bei einer Besichtigung desselben, dass der Eismantel an dem unteren Ende fortgeschmolzen war. Dadurch wurde aber der Versuch ungenau, weil ein Teil der Wärme nicht zum Schmelzen des Eises verwendet wurde, sondern durch Strahlung an die Umgebung abgegeben, besonders aber durch absteigende Konvektionsströme im Wasser zum Quecksilber geführt wurde. Hieraus erklärt sich der grosse Unterschied zwischen den Resultaten 1—6 und 7—12. Ganz besonders ist bei Beginn von Beobachtungen mit einem neuen Eismantel darauf zu achten, dass das Eis und Wasser im Kalorimeter nicht unterkühlt sind, da sonst die Resultate bis zu 6 Proz. zu klein ausfallen.

Versuche mit kleineren Mengen der Substanz ergaben denn auch durchaus übereinstimmende Resultate, die weiter unten mitgeteilt werden. Um aber sicher zu sein, dass das Eis unabhängig von der Art der Entstehung dieselbe Schmelzwärme besitzt, wurde Eis bei verschiedenen Temperaturen gebildet. Die nun folgenden Versuchsreihen wurden nach der Krystallisationsform in 3 Gruppen eingeteilt. Innerhalb derselben wurde sowohl frisch gefrorenes Eis als auch solches, welches während einiger Tage gestanden hatte, verwendet. Bestimmt wurde jedesmal die spezifische Wärme für Kupfer zwischen 0^0 und 133^0. Die Erwärmung geschah in einem elektrischen Ofen nach dem Prinzip von L. Holborn und A. Day.[1])

I. Das Eis, welches zu den Versuchen dieser Abteilung verwendet wurde, war erzeugt, indem Äther im Kalorimeter rasch zur Verdampfung gebracht wurde. Mit je einem frischen Eismantel wurden die Versuche 1—2, 3—5, 6—10 angestellt. Der 3. Eismantel hatte 3 Tage gestanden, bis mit den Versuchen begonnen wurde. Die Resultate sind folgende:

1.	0,09479	6.	0,09462
2.	0,09472	7.	0,09413
3.	0,09462	8.	0,09462
4.	0,09421	9.	0,09413
5.	0,09462	10.	0,09455

Der grösste Unterschied beträgt 0,7 Proz., das arithmetische Mittel: 0,09449. Der nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete wahrscheinliche Fehler desselben ist 0,0000472, also 0,09 Proz.

II. Bei den folgenden Versuchen wurde das Eis hergestellt, indem in einer Kältemischung aus Kochsalz und Schnee auf -15^0 abgekühlter Alkohol in das Kalorimetergefäss gebracht wurde. Die Versuche 1—6 sind mit einem ersten, die Versuche 7—10 mit einem zweiten Eismantel angestellt. Der letztere hatte mehrere Tage gestanden, bis mit den Versuchen begonnen wurde. Die Resultate sind folgende:

1) Mitgeteilt von dem Physikal. Institut der Universität Erlangen.

2) Bontschew, „Die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des festen Albuminiums von der Temperatur", Inauguraldissertation, Zürich 1900.

3) Neue Denkschriften der allgem. schweiz. Gesellschaft für die Naturwissenschaften **33**, 1—44.

1) Wiedem. Ann. **68**, 821, 1899.

1. 0,09416	6. 0,09482
2. 0,09420	7. 0,09420
3. 0,09434	8. 0,09416
4. 0,09416	9. 0,09420
5. 0,09461	10. 0,09443

Der grösste Unterschied beträgt 0,7 Proz., der Mittelwert: 0,094328; der wahrscheinliche Fehler desselben ist: 0,000048, also 0,10 Proz.

III. Das Wasser wurde diesmal zum Gefrieren gebracht durch Alkohol, der in einem Gemische aus Alkohol und fester Kohlensäure auf -75^0 abgekühlt war. Mit dem Beginn der Versuche wurde mehrere Tage gewartet. Die Resultate sind folgende:

1. 0,09420	4. 0,09437
2. 0,09416	5. 0,09443
3. 0,09464	6. 0,09461

Der grösste Unterschied beträgt 0,5 Proz., das arithmetische Mittel 0,09440, sein wahrscheinlicher Fehler 0,000054, also 0,1 Proz.

Vergleicht man nun die Mittel der einzelnen Beobachtungen untereinander, so ergiebt sich ein Unterschied von nur 0,1 Proz. Man kann also mit Recht schliessen, dass die Schmelzwärme des Eises eine konstante Grösse ist, und dass das Eiskalorimeter auch in Zukunft trotz der Angaben von Herrn Bontschew bei richtig angeordneten Versuchen zur Messung von Wärmemengen dienen kann.

(Eingegangen 15. Februar 1902.)

Über Luftschlieren und Zonenfehler.

Von K. Strehl.

Im Verein mit Herrn cand. math. Hirschmann habe ich folgende Ergebnisse erhalten:

1. Wenn die von einem Sterne gesendete Wellenfläche vor dem Objektiv wellblechähnliche Durchbiegungen von $\lambda/6$ Pfeilhöhe und 1 dm Sehne zeigt, dann ist die Definitionshelligkeit im Brennpunkt für symmetrische (s) bezw. unsymmetrische (u) Lage der Wellenfläche zum Objektiv und verschiedene Öffnungen (in Sechsteln von 1 dm angegeben) folgende (in Prozenten):

Öffnung	6	8	10	12	16	24	30	48
Lage s %	96	71	71	63	54	57	56	55
Lage u %	66	55	51	52	59	55	55	57

Die Wirkung wächst nicht mit dem Kubus der Öffnung, sie geht rasch bis zu einem für grosse Objektive fast konstanten Werte.

2. Wenn die Wellenfläche nach dem Objektiv eine Rotationsfläche vom 6. Grad statt eine Kugel ist und die Längenabweichung in der Achse und am Rande gleich 0, in der Zone 0,707 R gleich δ ist, dann ist die Definitionshelligkeit im günstigsten Punkte (Mittelpunkt der der Wellenfläche sich möglichst anschmiegenden Kugel) für verschiedene Verhältnisse von Öffnung zu Brennweite folgende (in Prozenten):

Verhältnis	1 : 10	1 : 14,14	1 : 20	%	
$+\delta$ in cm	1/4	1/2	1	01	λ
$\pm\delta$ in cm	1/8	1/4	1/2	45	=
$+\delta$ in cm	1/16	1/8	1/4	82	500
$\pm\delta$ in cm	1/32	1/16	1/8	95	$\mu\mu$

Die Hauptfehler der Riesenfernrohre sind die chromatische Aberration und die mechanischen Zonenabweichungen, nicht die Wirkung der Luftschlieren (geringen Grades).

Erlangen, den 6. Februar 1902.

(Eingegangen 8. Februar 1902.)

Erdbebenwellen.[1]

Von Wilh. Schlüter.

I.

Schon gleich um das Jahr 1880, als man in Japan unter Führung von J. Milne begann, die fühlbare Erdbebenbewegung zu registrieren, und man bemerkte, dass die Bebendiagramme zu Beginn eine Serie Schwingungen von kleiner Periode („preliminary tremors“ oder „Vorläufer“), dann Schwingungen grösserer Periode („large waves“, „lange Wellen“ oder „Hauptwellen“) zeigen, wurde die Aufmerksamkeit durch diese Hauptwellen in hohem Grade gefesselt. Das Interesse wuchs noch bedeutend, als 10 Jahre später E. v. Rebeur-Paschwitz japanische Beben in Europa registrierte, als man so darauf aufmerksam wurde, dass die Erdbebenschwingungen sich weit über die Grenzen des Fühlbarkeitsbereiches hinaus fortpflanzen und bei Verwendung empfindlicher Apparate auch zu registrieren sind. Die so erhaltenen Fernbebendiagramme zeigten ebenfalls, sogar in noch schönerer Ausbildung, jene beiden Hauptbewegungsgruppen der Vorläufer und langen Wellen. Welcher Art mochten nun die Bewegungen der Erdoberfläche sein, die den langen Wellen der Diagramme zu Grunde liegen? Gerade die bedeutende Grösse der Perioden (bei Fernbeben

1) Vorliegende Arbeit ist ein kurzer Auszug einer in zwei Teile sich gliedernden Abhandlung aus Gerlands Beiträgen zur Geophysik, Bd. V, Heft 2 und 3. Darin sind im Göttinger Geophysikalischen Institut angestellte Untersuchungen besprochen, soweit sie Ende 1900 fertig vorlagen. Der erste Teil der Abhandlung erschien vor dem Abdruck in Gerlands Beiträgen bereits als Inauguraldissertation.

15 bis 30 Sekunden und darüber) mag wohl so stark den Gedanken aufgedrängt haben, dass man es mit einem neigenden Wogen des Erdbodens zu thun habe. Alle die vielen Hypothesen, welche man aufstellte, sei es nun auf Grund der Gravitation, der Elastizität oder dergl., kommen, rein äusserlich, geometrisch aufgefasst, auf dasselbe hinaus: Über die Erdoberfläche sollen Wogen dahineilen wie die Wellen des bewegten Wasserspiegels über den Ozean; und die hierbei auftretenden Neigungen sollen die Seismographen in Bewegung setzen. Diese Anschauung beherrscht von jeher, seit nunmehr 20 Jahren, die ganze seismische Litteratur; und wenn neuerdings A. Schmidt (Stuttgart) nachwies, dass die zweite Möglichkeit zur Erklärung der langen Wellen auf den Diagrammen, die Annahme eines horizontalen Hin- und Herschwingens des Erdbodens, weit kleinere Bewegungsamplituden erfordere, dass also diese Möglichkeit die wahrscheinlichere sei, so konnte dieser Hinweis die herrschende Anschauung keineswegs erschüttern.

Bei einer Frage von solch weitgehendem Interesse fehlte es natürlich nicht an Versuchen, eine Entscheidung herbeizuführen. Wenn sie jedoch nicht gelang, so lag es an einer schon früh von Anderen erkannten Eigentümlichkeit sämtlicher Seismographen: Sie werden durch Neigungen und durch horizontales Hin- und Herschwingen des Erdbodens gleicher Weise in Bewegung gesetzt, man kann also hinterher nicht entscheiden, welche von beiden Bewegungsursachen vorhanden war. Über die innere Ursache dieser Eigentümlichkeit war man sich jedoch noch nicht klar geworden.

Indem ich sie darin erkannte, dass alle Seismographen im Prinzip aus einer starren Masse bestehen, die bei beliebiger Schwerpunktsanordnung um eine feste Achse drehbar ist, lag für mich die weitere Erkenntnis nicht mehr fern: Die Trennung beider Bewegungsarten lässt sich erreichen, wenn man den Schwerpunkt in die Drehungsachse verlegt. Ein Horizontalschwingen des Erdbodens, überhaupt alle Parallelverschiebungen wirken dann nicht mehr ein, es wirken nur noch die Neigungsänderungen.

Damit war der Weg zur Lösung des Problemes vorgezeichnet, welches ich durch die beiden folgenden Fragen präzisieren möchte: 1. Werden die Seismographen durch Neigungen oder durch ein horizontales Schwingen des Erdbodens in Bewegung gesetzt? 2. Liegen den langen Wellen der Diagramme Neigungswellen der Erdoberfläche als Ursache zu Grunde oder was sonst? Beide Fragen decken sich inhaltlich durchaus nicht, wie man später erkennen wird. Unter „Neigungswellen" fasse ich alle Bewegungsarten der Erdoberfläche zusammen, welche ihre Normale gegen die Schwererichtung periodisch schwanken machen, welche also ein Dahineilen von Wellenberg und -Thal entlang der Erdoberfläche zur Folge haben.

Ich baute daher einen Apparat, den ich seiner Bestimmung gemäss „Klinograph" nannte. Er ist in seinem Äusseren nichts anderes als ein Wagebalken, welcher statt der Schalengehänge auf jeder Seite in starrer Verbindung ein schweres Gewicht (5 kg) trägt. Das Gerüst dieses Wagebalkens wird gebildet durch zwei sich rechtwinklig kreuzende, an den Enden ringsum durch Drähte verbundene Aluminiumstangen, von denen die horizontale etwa 2 m, die vertikale etwa $^3/_4$ m lang ist. In der Durchkreuzungsstelle, dem Symmetriecentrum der ganzen Anordnung, ist, rechtwinklig orientiert zur Ebene des Gerüstes, die 5 cm lange Achatschneide eingelassen, mit welcher das Gerüst auf ein Achatlager aufgesetzt wird.

Die Registrierung benutzt das photographische Prinzip mit Hilfe von Spalt, Spiegel und Cylinderlinse. Der Hohlspiegel ist auf ein kleines Stativchen mit zwei Spitzen drehbar aufgesetzt; mit einer dritten, verschiebbaren Spitze lehnt er sich leicht auf einen vom äussersten rechten Armende des Klinographen herabhängenden Bügel. Dieser ganze, für sich in einen Kasten eingeschlossene Apparat ist angebracht an der *E W*-Wand des Beobachtungsraumes, eines Kellers der Göttinger Sternwarte.

Die gegenüberliegende Wand trägt das gesamte Instrumentarium zur Registrierung, den durch eine im Vorkeller brennende Glühlichtflamme erleuchteten, horizontalen Spalt, den Registrierapparat und die davor vertikal aufgestellte Cylinderlinse, welche das vom Hohlspiegel des Apparates entworfene Bild des Spaltes zum Lichtpünktchen auf dem photographischen Papier konzentriert. Die Walze des Registrierapparates hat einen Umfang von 36 cm und dreht sich um ihre vertikale Achse einmal in der Stunde. Gleichzeitig senkt sie sich um 4 mm, so dass vom Lichtpunkt in einem Tage 24 auf dem ausgebreiteten photographischen Papier nebeneinanderlaufende Linien von 36 cm Länge aufgezeichnet werden. — Eine später angebrachte Zeitmarkengebung blendet jede Minute während 2 Sek. und jede Stunde während 10 Sek. das registrierende Licht ab.

Einer instrumentellen Schwierigkeit wäre noch zu gedenken. Der Apparat sollte registrieren mit dem Schwerpunkt in der Drehungsachse, d. h. bei indifferentem Gleichgewicht, was ohne weiteres natürlich praktisch nicht ausführbar ist. Hier leisteten mir die feinen Drähte, welche den Bügel am äussersten Armende

tragen, einen wichtigen Dienst: sie wirken als Federn und verschafften so stabiles Gleichgewicht, wenn der Schwerpunkt in der Drehungsachse lag.

Die zu erwartenden Neigungen betrugen etwa nur 2″ bis 3″; das bedeutet einen Ausschlag des äussersten Klinographen-Armendes von etwa 0,01 bis 0,03 mm, eine mikroskopische Grösse. Wollte ich sie registrieren, so galt es, eine starke Vergrösserung zu erzielen. Dazu musste die Hebelübertragung des Spiegels dienen. Bei passender Wahl der Dimensionen (Entfernung der verschiebbaren Spiegelspitze von der Schneide 100 cm, von der Drehachse des Spiegels 0,7 cm, Spiegel bis photographisches Papier 230 cm) erreichte ich eine 690-fache Vergrösserung der vom Armende des Klinographen gemachten Bewegungen. So ergiebt sich für eine Bogensekunde Drehung des Apparates ein Ausschlag von 3,5 mm auf dem Papier. Man kann daher noch Neigungen von 0,02 Bogensekunden beobachten, d. h. Bewegungen des Armendes von nur 0,00007 mm, Bewegungen, die in ihrer Grösse etwa den 10. Teil der Wellenlänge des Lichtes in der D-Linie ausmachen.

Und bei solch kleinen Ausschlägen arbeitete der Apparat noch mit vollkommener Präzision. Alle Befürchtungen, die Schneide könne wegen der starken Belastung bei jenen schwachen Schwingungen haften oder sie könne auf dem übrigens stets horizontal gehaltenen Lager gleiten, erwiesen sich als unbegründet.

Nun erforderte eine wissenschaftlich strenge Behandlung des vorliegenden Problems nicht nur eine qualitative, sondern auch eine quantitative Untersuchung. Bis dahin hatte man sich jedoch bei allen Rechnungen damit begnügt, einfach anzunehmen, dass die Apparate den Neigungen der Erde vollkommen folgen, was natürlich nur für unendlich langsame Neigungen zutrifft, hatte die Einwirkung der Bodenbewegung auf die Apparate also statisch behandelt anstatt dynamisch. Welch ungenügende und falsche Resultate dabei erhalten wurden, lässt sich denken. So musste ich zuvor noch die Theorie der seismischen Apparate für Neigungen geben, speziell meines Klinographen und des zum Vergleich notwendigen Horizontalpendels.

Für meinen Apparat nahm ich an, dass er noch durch eine Federkraft in seiner Gleichgewichtslage gehalten würde, und dass der Schwerpunkt irgendwo unter oder über der Drehungsachse liege. Die Theorie gestaltet sich so weit allgemeiner, als hier unbedingt notwendig ist; sie wird so gültig für jedes Vertikalpendel. Als Differentialgleichung der Bewegung ergiebt sich dann eine Gleichung von der Form:

$$1)\quad \frac{d^2\varphi}{dt^2} + A\frac{d\varphi}{dt} + B\varphi + C\sin st = 0,$$

wo φ der Drehwinkel des Apparates gegen die sich neigende Erdoberfläche ist und A, B, C Konstanten:

$$2)\quad \begin{cases} A = \dfrac{4\Delta}{T} \\ B = \dfrac{4\pi^2}{T_1^2} \\ C = 4\pi^2\,\Gamma\left[\dfrac{1}{T_0^2} - \dfrac{1}{\tau^2}\left(1 - \dfrac{S'}{M}\right)\right]. \end{cases}$$

$s = \dfrac{2\pi}{\tau}$ dient zur Abkürzung; τ ist die Periode der in Sinusschwingungen $\psi = \Psi \sin st$ angenommenen Erdneigung, T die Eigenperiode des Apparates, T_1 seine Eigenperiode bei Fortfall der Dämpfung, T_0 seine Eigenperiode bei Fortfall von Dämpfung und Federkraft, Δ das log. Dämpfungsdekrement, m die Masse des Apparates, M sein Trägheitsmoment, l der Schwerpunktsabstand von der Drehachse, S' das Trägheitsmoment eines fingierten Spiegelgehänges $= \dfrac{d_1^2}{d_2^2} S$, wo d_1 und d_2 die Abstände der verschiebbaren Spiegelspitze von der Hauptachse des Apparates und der Drehachse des Spiegels bedeuten und S das Trägheitsmoment des wirklichen Spiegels.

Das allgemeine Integral der Differentialgleichung wird:

$$3)\quad S = e^{-\frac{At}{2}}\left(C' \cos t\sqrt{B - \frac{A^2}{4}} + C'' \sin t\sqrt{B - \frac{A^2}{4}}\right) - \frac{C}{\sqrt{(B - s^2)^2 + A^2 s^2}} \sin\left(st - \operatorname{arc\,tg}\frac{As}{B - s^2}\right).$$

C', C'' sind Integrationskonstanten.

Diese Lösung des Bewegungsproblems giebt jede gewünschte Auskunft betreffs der Bewegung der Apparate. Den ersten Teil der rechten Seite kann man ohne weiteres weglassen. Denn, falls keine Dämpfung vorhanden ist ($A = 0$), giebt er eine Eigenschwingung des Apparates mit willkürlicher (weil C', C'', willkürlich) Amplitude. Falls Dämpfung vorhanden, giebt er eine Schwingung angenähert mit der Eigenperiode und wiederum willkürlicher Amplitude; zudem stellt der Faktor $e^{-\frac{At}{2}}$ eine mit wachsendem t sehr schnell abnehmende Grösse vor, d. h. diese Schwingung wird sehr schnell vernichtet.

Die weitere Diskussion kann sich also auf den zweiten Teil beschränken:

$$4)\quad \varphi = -\frac{C}{\sqrt{(B - s^2)^2 + A^2 s^2}} \sin\left(st - \operatorname{arc\,tg}\frac{As}{B - s^2}\right)$$

Nehmen wir zunächst Fehlen der Dämpfung an ($A = 0$, $T = T_1$) und setzen für A, B, C, s ihre Werte ein:

$$5) \qquad -\left(\frac{\tau^2}{T^2} - 1 + \frac{S'}{M}\right) \frac{T^2}{\tau^2 - T^2} \cdot \Psi \sin \frac{2\pi}{\tau} t.$$

Durch das Glied $\frac{S'}{M}$ wird allgemein die Einwirkung des Spiegelgehänges auf die Bewegungen des Apparates angegeben. Hier beim vorliegenden Klinographen sind die Dimensionen so gewählt, dass das Glied Null gesetzt werden, die Einwirkung des Spiegels also vernachlässigt werden kann. Führt man noch statt φ die Ordinate $z = L\varphi$ des Diagrammes und die durch diese Gleichung definierte „mechanische Zeigerlänge" L ein, so kommt:

$$6) \qquad z = -L \frac{T^2}{T_0^2} \frac{\tau^2 - T_0^2}{\tau^2 - T^2} \Psi \sin \frac{2\pi}{\tau} t.$$

Diese Formel stellt z dar als Funktion der Erdneigung ψ. z ist ψ proportional, also ebenfalls eine Sinusschwingung, und zwar gleicher Periode, gleicher Phase. Die Formel giebt weiter die Abhängigkeit der Aufzeichnung z von den Parametern T, T_0 und, was im einzelnen besonders interessant ist, von der Periode τ der Erdbodenbewegung.

Ist Dämpfung vorhanden, so kann man nach Einsetzen der Werte von A, B, C, s und T_1 gemäss

$$T = T_1 \sqrt{1 + \frac{\Delta^2}{\pi^2}}$$

die erhaltene komplizierte Formel noch etwas vereinfachen, wenn man den geringfügigen Unterschied von T und T_1 vernachlässigt:

$$z = -Z \sin\left(\frac{2\pi}{\tau} t - \operatorname{arc\,tg} \frac{2\Delta\tau T}{\pi(\tau^2 - T^2)}\right),$$

wo die Amplitude Z:

$$7) \qquad Z = \frac{\pi L T^2 \left(\frac{\tau^2}{T_0^2} - 1\right) \Psi}{\sqrt{\pi^2(\tau^2 - T^2)^2 + 4\Delta^2\tau^2 T^2}}.$$

Die Aufzeichnung besteht also wieder aus Sinusschwingungen von der Periode der Erdbebenbewegung. Doch hat, wie man sieht, die Dämpfung hier einmal bewirkt, dass die Amplituden kleiner geworden sind, und ferner, dass eine Phasenverschiebung der aufgezeichneten Sinusschwingung gegen die Schwingung des Erdbodens eintritt.

Die Theorie des Horizontalpendels für Neigungen gestaltet sich nicht wesentlich anders. Als Differentialgleichung der Bewegung erhält man ebenso eine Gleichung von der Form 1), wobei A, B, s dieselbe Bedeutung haben wie zuvor, während

$$C = \frac{4\pi^2}{T_1^2}\Theta,$$

wo Θ als Amplitude von $\vartheta = \Theta \sin st$ definiert ist, und ϑ der Winkel der variablen Gleichgewichtslage des Pendels mit der ursprünglichen. Infolgedessen resultiert auch dieselbe allgemeine Lösung 3), deren zweiter Teil für die Diskussion wieder allein von Belang ist. Benutzen wir die alten Bezeichnungen, so giebt dieser für den Fall fehlender Dämpfung:

$$8) \qquad z = -L \frac{\tau^2}{\tau^2 - T^2} \Theta \sin \frac{2\pi}{\tau} t.$$

Für z, als Funktion von ϑ betrachtet, ergeben sich hieraus die gleichen Gesetze wie zuvor und ähnliche Gesetze betreff der Abhängigkeit von den Parametern τ, T. Ist Dämpfung vorhanden, so folgt, indem wieder $T = T_1$ gesetzt wird, als Endformel:

$$z = -Z \sin\left(\frac{2\pi}{\tau} t - \operatorname{arc\,tg} \frac{2\Delta\tau T}{\pi(\tau^2 - T^2)}\right),$$

wo die Amplitude Z:

$$9) \qquad Z = \frac{\pi L \tau^2 \Theta}{\sqrt{\pi^2(\tau^2 - T^2)^2 + 4\Delta^2\tau^2 T^2}}$$

Der Klinograph registrierte, mit dem Schwerpunkt in der Schneide, vom 1. August bis 21. September 1899. Von den zahlreichen, zum Teil grossen Erdbeben, welche während dieser Zeit von dem Horizontalpendel aufgezeichnet wurden, gab er zu meiner eigenen grossen Überraschung nichts an. Eines der grössten jener Beben untersuchte ich mit Hilfe der besprochenen Theorie rechnerisch genauer. Es musste dabei unter Annahme reiner Neigungsschwingungen auf Grund der vom Horizontalpendel gegebenen Ausschläge festgestellt werden, welche Ausschläge der Klinograph hätte zeigen müssen. Zu dem Zwecke war die Amplitude Z_{HP} des Horizontalpendels in Formel 9 einzuführen und mit dem sich so auf Grund von $\Theta i_0 = \Psi$ (i_0 Neigung der Drehachse dek Horizontalpendels gegen die Vertikale) ergebenden Wert von Ψ in Formel 7 einzugehen, wobei in beiden Formeln der $\sin$ gleich 1 zu setzen war. Die nachstehende Tabelle giebt die so berechneten Ampliduten Z_K, welche beim Vorhandensein reiner Neigungsschwingungen der Klinograph zeigen müsste, für verschiedene Stellen des Erdbebendiagramms. Daneben stehen die zugehörigen Perioden τ des Erdbebens und die Ampliduten Z_{HP} des Horizontalpendels, ausserdem die nach der Theorie berechneten, eventuellen Neigungen Ψ der Erdnormalen.

Erdbeben v. 11. XI. 1899	τ	Z_{HP}	Z_K	Ψ
1. Stadium der Vorläufer	4s	0,2 mm	1,2 mm	0,36″
1. " " "	8	0,2 "	0,36 "	0,10
2. " " "	10	0,8 "	1,04 "	0,23
Hauptwellen	14	5,0 "	6,3 "	0,95
"	38	15,0 "	4,2 "	3,10

Wie man sieht, hätte der Klinograph stark auffallende, zum Teil beträchtliche Ausschläge geben müssen. Und doch ist nichts davon zu sehen.

Auf unsere Frage: 1. Werden die Seismographen der heutigen Zeit durch Neigungen oder durch ein horizontales Hin- und Herschwingen in Bewegung gesetzt? müssen wir also das erstere verneinend, das letztere bejahend antworten: Weder die Vorläufer noch die Hauptwellen eines Erdbebendiagrammes sind zurückzuführen auf Neigungsschwingungen der Erde. Die bisher unter den Seismologen fast allgemein verbreitete Anschauung, dass die Apparate bei der Aufzeichnung der langen Wellen durch Neigung in Bewegung gesetzt werden, ist irrig. Es kann die bisher an den Seismographen beobachtete Bewegung nur hervorgerufen worden sein durch „Translationsschwingungen" des Erdpartikelchens, wie man im Gegensatz zu den Neigungsschwingungen die Schwingungen mit geradliniger oder elliptischer Bahn bezeichnen könnte.

Unsere weitere Frage: Liegen den langen Wellen der Diagramme Neigungswellen der Erdoberfläche als Ursache zu Grunde? haben wir damit jedoch noch nicht beantwortet. Denn wir können von den Neigungsschwingungen nicht etwa behaupten, dass sie nicht existieren, sondern nur, dass sie für die modernen Seismographen unmerklich klein sind. An zwei Möglichkeiten ist noch zu denken. Entweder fehlt eine jede Neigung völlig. Dann haben wir in den Erdbeben reine Translationsschwingungen vor uns; man denke z. B. an eine horizontale, rein longitudinale Schwingungsbewegung, oder man stelle sich vor, dass alle Teilchen der Erdoberfläche zugleich in gleicher Weise gleiche Ellipsen in einer horizontalen, schrägen oder vertikalen Ebene durchlaufen. Oder aber es sind Neigungen, dann, wie wir wissen, von unmerklich geringer Grösse, vorhanden. In diesem Falle sind die Erdbebenbewegungen doch Neigungswellen; allerdings nicht von der Höhe, wie es den zuvor erwähnten, bisherigen Anschauungen der Seismologen entspricht, sondern von sehr viel geringerer Höhe. Die Wellenhöhe müsste nur so gering, dagegen die Wellenlänge so gross sein, dass die dabei auftretenden Neigungen zu klein sind, um auf die modernen Seismographen trotz ihrer hohen Empfindlichkeit einwirken zu können, während der translatorische Teil der Bewegung von den Apparaten ohne Schwierigkeit angegeben wird.

Die Entscheidung dieser Fragen bringen die weiteren Untersuchungen.

(Eingegangen 12. Februar 1902.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

B. Walter (Hamburg), Bericht über die auf der Röntgenausstellung der 73. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg ausgestellten Apparate.

Die Ausstellung, welche in den Räumen des physikalischen Staatslaboratoriums stattfand, war von sämtlichen, für das Röntgenfach in Betracht kommenden deutschen Firmen auf das reichhaltigste beschickt, und es lohnte sich der Besuch derselben besonders deswegen, weil jeder Apparat auf Wunsch des Besuchers in „vollgültigem Betriebe vorgeführt wurde. Den Ausstellern stand nämlich zu diesem Zwecke sowohl Gleich- als Wechselstrom zur Verfügung, und es waren ferner auch sämtliche von ihnen eingenommenen Räume zum Verdunkeln eingerichtet, so dass also auch die Wirkungen der Röntgenstrahlen selbst jeden Augenblick gezeigt werden konnten.

Vom physikalischen Gesichtspunkte aus dürfte nun über die ausgestellten Apparate etwa das Folgende zu bemerken sein.

Die Schlagweite der für bessere Röntgeneinrichtungen bestimmten Induktoren lag fast ausnahmslos zwischen 40 und 60 cm; und es hatte nur die bekannte Baseler Firma Fr. Klingelfuss & Co. einige Instrumente ausgestellt, deren Funkenlänge über die genannte Grenze hinausging. Von denselben erregte besonders ein Meterinduktor das Interesse der Besucher; und es verdient hervorgehoben zu werden, dass der Apparat diese Schlagweite thatsächlich — und zwar sowohl mit Quecksilber- als mit Wehneltunterbrecher — gab. Kleinere Induktorien von 20 bis 30 cm Schlagweite waren fast nur für transportable Röntgeneinrichtungen mit Akkumulatorenbetrieb vorgesehen, wie sie besonders für Kriegszwecke, sowie auch für Aufnahmen ausserhalb des Hauses verlangt werden. Als Unterbrecher diente im letzteren Falle fast ausschliesslich der Platinfederunterbrecher weil er sich eben durch einen verhältnismässig geringen Verbrauch an elektrischer Energie auszeichnet. Die kompendiöseste dieser Einrichtungen war diejenige der Voltohm-Gesellschaft, München, etwas grösser diejenige von S. Zossenheim, Hamburg, noch etwas grösser diejenige von W. A. Hirschmann, Berlin und ganz erheblich viel grösser und natürlich auch leistungsfähiger endlich diejenige von Max Kohl, Chemnitz. Bei den zuerst genannten beiden Firmen waren die betreffenden Apparate

zugleich auch für den Betrieb mit Wehneltunterbrecher eingerichtet, was in dem Falle von Bedeutung ist, wo dem Besitzer gleichzeitig eine grössere Betriebsspannung, z. B. diejenige eines städtischen Leitungsnetzes, zur Verfügung steht. Dann nämlich lassen sich bei Anwendung des genannten Unterbrechers auch mit diesen verhältnismässig kleinen Apparaten schon recht beträchtliche Energiemengen in die Röntgenröhre hineinschicken, wenn freilich auch der Betrieb damit immer hinter demjenigen mit grösseren Induktoren zurückstehen wird.

Es war nämlich gerade diese Frage: ob bei der grossen Leistungsfähigkeit unserer modernen Unterbrecher nicht die grossen und teueren Induktorien im Röntgenbetriebe allmählich durch kleinere und billigere Instrumente ersetzt werden könnten, der Gegenstand der Diskussion einer von der Ausstellungsleitung eigens zu diesem Zwecke einberufenen Versammlung; und dabei sprach sich die weitaus überwiegende Zahl der Teilnehmer hierüber im negativen Sinne aus, wenn auch die Meinungen über den Grund für die Notwendigkeit der Beibehaltung der grossen Instrumente noch sehr auseinandergingen. Nach der Ansicht des Berichterstatters ist der Vorzug der grossen Induktorien hauptsächlich darin begründet, dass man damit in der Lage ist, die Röntgenröhren wesentlich länger auszunutzen, da nämlich die letzteren, wenn sie älter werden, bei Anwendung einer grösseren Funkenlänge doch wesentlich besser arbeiten, als in Verbindung mit einem kleineren Induktor und zwar selbst dann, wenn sie eine Vorrichtung zur künstlichen Erniedrigung des Vakuums besitzen.

Jedenfalls ist es Thatsache, dass ein Röntgenpraktiker, für den die Kostenfrage keine Rolle spielt, unbedingt dem grösseren Induktor den Vorzug giebt, und so hatten denn auch, wie schon gesagt, alle für bessere, stationäre Röntgeneinrichtungen bestimmten Induktoren zum mindesten eine Schlagweite von 40 cm. Auch war für derartige Instrumentarien in keinem Falle mehr ein Platinunterbrecher vorgesehen, sondern es wurde dabei entweder der Quecksilber- oder der Wehneltunterbrecher verwendet. Von diesen war der erstere mit einer Ausnahme nahme nur in seinen beiden bekannten Formen, dem Motorstift- und dem Strahlunterbrecher (Turbinenunterbrecher) vertreten, ja es hatte sogar den Anschein, als ob die erstere Form allmählich immer mehr durch die letztere verdrängt wird. Diese Erscheinung ist natürlich darauf zurückzuführen, dass man mit dem Strahlunterbrecher eine ganz erheblich grössere Zahl von Entladungen erzielen kann, als mit dem in Quecksilber ein- und austauchenden Stift.

Die oben erwähnte Ausnahme unter diesen Unterbrechern ferner wurde von dem Hirschmannschen Turbinenunterbrecher gebildet, bei welchem das Quecksilber eigentlich nur eine nebensächliche Rolle spielt, da hier die Schliessung und Öffnung des primären Stromes dadurch bewirkt wird, dass eine Messingfeder gegen einen, um eine vertikale Achse rotierenden Cylinder aus Isoliermaterial schleift, in welchen Kontaktsektoren aus Messing eingelassen sind. Dabei befinden sich alle diese Metallteile natürlich, um den Öffnungsfunken zu unterdrücken, innerhalb einer isolierenden Flüssigkeit, während andererseits wieder, um hier doch einen guten Kontakt zu erzielen, der rotierende Cylinder mit seinem untersten Ende in Quecksilber taucht und nun von diesem bei seiner Rotation durch eine passend in demselben angebrachte Rinne ein genügendes Quantum davon turbinenartig in die Höhe saugt, so dass also diese Flüssigkeit hier sozusagen nur als Schmiere für die Messingkontakte dient. Dieser originelle Apparat giebt denn auch thatsächlich ungefähr dieselbe Leistung wie die Strahlunterbrecher, er teilt aber natürlich auch mit ihnen den Nachteil, dass er wegen der starken Schlammbildung eine ziemlich häufige Reinigung erfordert.

Diese Übelstände haften dem Wehneltunterbrecher nicht an, und es ist daher begreiflich, dass mehrere Firmen der Ausstellung, nämlich Siemens & Halske, Berlin und R. Seifert & Co., Hamburg, sich ausschliesslich auf die Verwendung dieses neuesten und wirksamsten aller Unterbrecher beschränkt hatten. Dabei arbeiteten die Instrumentarien dieser beiden Aussteller mit der vom Berichterstatter angegebenen Schaltung, die im wesentlichen auf die Benutzung einer Primärspule mit veränderlicher Selbstinduktion in Verbindung mit einem Unterbrecher mit mehreren Platinstiften von verschieden grosser Oberfläche hinausläuft. Durch die erstere Einrichtung sind wir nämlich — wegen der Eigentümlichkeit des Wehnelt, bei Anwendung einer bestimmten primären Selbstinduktion bei jeder Belastung nahezu dieselbe Funkenlänge zu geben — zunächst in der Lage, die Länge der Funken unseres Induktors beliebig abzustufen, während wir ferner durch die Benutzung verschieden langer Stifte auch die Möglichkeit haben, die Dicke oder Stromstärke dieser Funken in weiten Grenzen zu variieren. Endlich lässt sich aber auch die Zahl der Entladungen in der Zeiteinheit beim Wehnelt in sehr einfacher Weise durch Ein- und Ausschalten von Widerstand beliebig festsetzen, so dass wir hier also sozusagen drei voneinander abhängige Regulierungsmöglichkeiten in der Hand haben, während bei den älteren Unterbrechern die beiden zuerst erwähnten Möglichkeiten vollständig ineinander verschwimmen. In der Röntgentechnik macht sich dies nun in der Weise geltend, dass wir bei Anwendung der

hier in Rede stehenden Schaltung in der Lage sind, eine jede Röhre — je nach dem Grade ihrer Härte — mit der für sie passenden Funkenlänge und Stromstärke zu betreiben, wobei noch hinzukommt, dass auch der Wehneltunterbrecher selbst nur dann gut und sicher unterbricht, wenn man die Selbstinduktion der mit ihm zusammenarbeitenden Primärspule des Induktors um so mehr erhöht, je weicher die in den sekundären Stromkreis eingeschaltete Röntgenröhre ist. Es liegt dies natürlich daran, dass ohne diese Massregel die grösseren Stromstärken, die dann durch die sekundäre Rolle gehen, die Selbstinduktion der primären unter das notwendige Mass herabsetzen würden.

Bis zu einem gewissen Grade der Vollkommenheit lässt sich allerdings den Anforderungen eines guten und vielseitigen Röntgenbetriebes in diesem Falle auch schon bei Anwendung von nur einer einzigen Selbstinduktion in Verbindung mit nur einer einzigen Grösse der aktiven Oberfläche des Unterbrechers genügen, wobei dann allerdings beide Grössen sehr sorgfältig zu einander abgestimmt sein müssen und auch der Induktor nicht zu klein genommen werden darf. Eine solche „billige Einrichtung mit elektrolytischem Unterbrecher" hatte Dr. Max Levy, Berlin, ausgestellt, der dazu einen Induktor von 50 cm Schlagweite in Verbindung mit einem Simonunterbrecher in Ruhmerscher Ausführung benutzte (s. diese Zeitschrift **2**, 742, 1901).

Ferner sei hier noch auf die von Siemens & Halske ausgestellte vollständige Kriegsausrüstung hingewiesen, die ihren Strom völlig selbständig in einer direkt mit Benzinmotor gekuppelten Dynamomaschine erzeugte, und bei der man demnach auch im Gegensatze zu den oben erwähnten transportablen Einrichtungen nicht mehr auf die Benutzung einer Akkumulatorenbatterie angewiesen war. Der Motor machte sich den Besuchern der Ausstellung schon durch den Lärm und Dunst, welchen er entwickelte, in nicht gerade angenehmer Weise bemerkbar, der Betrieb mit demselben war aber sonst ein ganz vorzüglicher.

Was sodann die ausgestellten Röntgenröhren anbetrifft, so erregten darunter besonders diejenigen für starke Belastung ein besonderes Interesse, wenn dieselben allerdings auch ihres verhältnismässig hohen Preises wegen in der Röntgentechnik meist nur für ganz besondere Zwecke, wie Momentaufnahmen und schwierige Durchleuchtungen, Verwendung finden. Das charakteristische Merkmal derselben besteht bekanntlich darin, dass die Antikathode eine derartige Gestalt besitzt, dass dieselbe von dem mehr und mehr verstärkten Kathodenstrahlenbündel nicht so leicht zusammengeschmolzen werden kann. Dies erreichen E. Gundelach, Gehlberg und die Voltohm-Gesellschaft, München dadurch, dass sie als Antikathode einen sehr dicken Metallklotz anwenden, während C. H. F. Müller, Hamburg, auf Anregung des Berichterstatters zuerst die Wasserkühlung einführte, indem er der Antikathode die Form eines Gefässes gab, dessen Boden aus einem kleinen Platintiegel mit cylindrisch aufgebogener Mantelfläche besteht, deren oberer Rand dann direkt in einen als Verlängerung dienenden Glascylinder eingeschmolzen ist. Derartige Röhren vertragen dauernd etwa die 3—4fache Belastung der gewöhnlichen, und sind natürlich den letzteren auch besonders für Momentaufnahmen vorzuziehen.

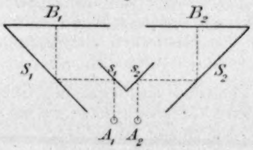
Zur Regulierung des Vakuums ferner benutzt Gundelach jetzt ausschliesslich die Villardsche Vorrichtung, bei der ein kleines an die Röhre angeschmolzenes Platinröhrchen am besten während des Betriebes mit einer isoliert brennenden Flamme (Spirituslampe oder dergl.) erhitzt wird, aus der dann der aus den Verbrennungsgasen dissoziierte Wasserstoff durch das glühende Platin hindurch in die Röhre tritt. Müller, Hamburg, dagegen hat eine andere Reguliermethode eingeführt, bei der seitlich an die Hauptröhre eine kleine, mit derselben in direkter Verbindung stehende Nebenröhre angeschmolzen ist, in welcher sich eine Kathode aus Glimmer befindet. Diese läuft nach aussen zu in einen, um ein Scharnier drehbaren Metallhebel aus, dessen freies Ende sich der Kathode der Hauptröhre bis auf einen beliebigen Abstand nähern lässt. Will man nun die letztere weicher machen, so führt man jenen Hebel so weit an diese Kathode heran, bis Funken zwischen beiden überspringen. Dann geht der Strom durch die Nebenröhre und entwickelt aus der Glimmerkathode derselben etwas Gas, das die Höhe des Vakuums herabsetzt. Ja, wenn man den Abstand zwischen Hebel und Hauptkathode richtig einstellt, so kann man sogar bewirken, dass jener Funkenübergang von selbst aufhört, sobald die Härte der Röhre den gewünschten Grad erhalten hat, so dass demnach diese Reguliervorrichtung bis zu einem gewissen Grade als eine, auch während des Betriebes automatisch wirkende bezeichnet werden kann. Für physikalische Aufnahmen, bei denen es darauf ankommt, den Härtegrad der Röhre möglichst lange konstant zu erhalten, ist dies natürlich von ganz besonderer Bedeutung.

Eine andere Neuheit auf diesem Gebiete wurde ferner noch von Hirschmann, Berlin, vorgeführt, der zur Herabsetzung des Vakuums einer Röntgenröhre direkt von aussen her Luft in dieselbe einführt. Es war nämlich zu diesem Zwecke eine sehr enge Kapillare an die Röhre geschmolzen, gegen deren äusseres Ende für gewöhnlich eine Gummidichtung presst, die

aber im Bedarfsfalle durch eine Verschraubung für einen sehr kurzen Moment abgehoben werden kann.

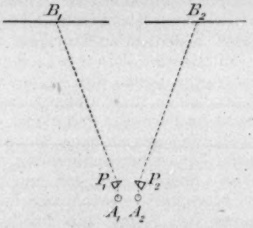
Von den sonstigen auf der Ausstellung befindlichen Apparaten dürften als Neuheit nur noch die auf Anregung des Berichterstatters von A. Krüss, Hamburg angefertigten Röntgenstereoskope zu erwähnen sein, mit deren Hilfe es möglich wird, für die stereoskopische Betrachtung direkt die zu diesem Zwecke aufgenommenen Originalröntgenplatten zu benutzen, während man sich bis dahin — in Deutschland wenigstens — zu diesem Zwecke stets erst eine für die gewöhnlichen Stereoskope des Handels passende Verkleinerung machte, ein Verfahren, das einerseits umständlich war und andererseits natürlich auch die Feinheiten der Originale bis zu einem mehr oder minder hohen Grade verloren gehen liess. Die neuen Stereoskope waren in zwei verschiedenen Ausführungen vertreten, von denen die eine (Fig. 1) im we-

Fig. 1.



sentlichen aus vier Spiegeln S_1; S_2; s_1; s_2; die andere (Fig. 2) dagegen in der Hauptsache aus zwei achromatischen Prismen P_1 und P_2 bestand.

Fig. 2.



Von den übrigen Bezeichnungen der beiden Figuren bedeuten B_1 und B_2 das zu betrachtende Bilderpaar und A_1 und A_2 die beiden Augen des Beobachters, während der Gang der Mittelstrahlen durch punktierte Graden angedeutet ist.

Die Betrachtung derartiger Bilder ist nicht bloss ausserordentlich lehr- und genussreich, sondern auch sehr häufig, z. B. bei der Aufsuchung von Fremdkörpern oder der Feststellung der Lage der Knochenenden bei Verrenkungen und Brüchen, von grosser diagnostischer Bedeutung.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Harburger Gummi-Kamm-Co. (Inhaber Dr. Heinrich Traun) sich mit einer grossen Anzahl ihrer, ja auch in der Röntgentechnik eine so grosse Rolle spielenden Hartgummifabrikate, und zwar vor allem mit sehr grossen Rohren und Platten aus diesem Materiale, an der Ausstellung beteiligt und die letzteren auch in der bereitwilligsten Weise für Durchschlagsversuche zur Verfügung gestellt hatte. Für diese Versuche war speziell eine 2 cm dicke und 1 m im Quadrat haltende Platte hergestellt, auf welche, um auch die 1 m langen Funken des Klingelfussschen Induktors nicht um ihre Ränder herumschlagen zu lassen, beiderseits in der Mitte zwei etwa 15 cm lange Hartgummirohre aufvulkanisiert waren. Dieselben erfüllten ihren Zweck in der vollkommensten Weise, denn es ging bei diesen Versuchen thatsächlich nicht ein einziger der meterlangen Funken jenes Induktors um die Ränder der Platte herum, während bei anderen Platten derselben Grösse, die nicht mit solchen Rohrstutzen versehen waren, schon die Spannung eines 50 cm langen Funkens genügte, um sich von den beiderseits in der Mitte der Platte aufgesetzten Elektroden her einen Weg um den Rand derselben herum zu bahnen.

Bei den Versuchen mit der erstgenannten Platte gelang es nun nicht, die letztere mit den meterlangen Einzelfunken des Klingelfussschen Induktors zu durchschlagen, trotzdem die Elektroden, die, nebenbei gesagt, durch sehr dicke Hartgummirohre isoliert waren, beiderseits unmittelbar auf die Oberfläche der Platte aufgesetzt wurden.

(Eingegangen 24. Oktober 1901.)

REFERATE.

Technische Mechanik.
Besorgt von Professor E. Meyer.

A. Lafay, Experimentaluntersuchungen über die Deformationen bei der Berührung elastischer Körper.
(Annales de Chimie et de Physique. Juni 1901);

Stribeck, Kugellager für beliebige Belastungen
(Zeitschr. d. Vereins D. Ingenieure 1901, Heft 3/4).

Die vorliegende Arbeit behandelt Versuche zur Prüfung der Hertzschen Formeln für die Deformationen zweier sich berührender fester Körper. Der Verfasser verfolgte den Zweck,

die Grösse der Fehler festzustellen, welche bei Endmessungen mit Massstäben, deren Enden kugelförmig abgerundet sind, durch Deformation derselben entstehen. Die Versuche erstrecken sich daher nur auf kleine Drucke und Zusammendrückungen von höchstens 0,002 mm. Es wurden Bolzen aus gehärtetem Stahl und aus Bronze, mit kugelförmigen Endflächen von 5 mm bis 250 mm bezw. 5 mm bis 160 mm Krümmungsradius, und solche mit ebenen Endflächen unter Drucken von 0,1 kg bis 3,5 kg zur Berührung gebracht, die Zusammendrückungen mit Hilfe von Newtonschen Farbenringen gemessen. Bronze zeigte schon innerhalb der angegebenen Belastungsgrenzen bleibende Deformation, während bei Stahl Erscheinungen von Hysteresis auftraten. Die Hertzsche Formel für die Zusammendrückung α zweier Körper aus gleichem Material mit den Krümmungsradien

R_1 und R_2 lautet: $\alpha = 1{,}2 \sqrt[3]{\frac{p^2}{E^2}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$

wenn p die Belastung, E den Elastizitätskoeffizienten des Materials bedeutet. Die Werte von α, welche bei Versuchen mit $R_2 = \infty$ gefunden wurden, stimmen auffallenderweise nur für kleine Radien R_1 mit der Theorie überein, bei grösseren Werten von R_1 waren die gemessenen Zusammendrückungen kleiner als die berechneten. Nach der Formel ist α, bei gegebenem R_1, proportional $p^{\frac{2}{3}}$; die Versuchswerte von α nähern sich aber mit wachsendem R_1 mehr und mehr der Formel $\alpha = c \cdot p^{\frac{1}{2}}$, wo

mit c der Faktor $1{,}2 \sqrt[3]{\frac{1}{E^2 R_1}}$ bezeichnet ist.

Da bei der Ableitung der Hertzschen Formel vorausgesetzt ist, dass α klein ist gegen R, so sollte man eher eine Abweichung bei Versuchen mit kleinen Krümmungsradien erwarten, für welche $\frac{\alpha}{R}$ relativ gross ist. Die Abweichungen sind so gross und ihre Zunahme mit zunehmendem R_1 so stetig, dass man sie nicht in das Gebiet der Versuchsfehler verweisen kann. Die naheliegende Vermutung, dass Reibung in der Berührungsfläche die Resultate beeinflusste, schien sich nicht zu bestätigen, da durch Einölen der Berührungsflächen sich nichts änderte. Dabei ist aber zu bedenken, dass bei den sehr bedeutenden Pressungen, welche auftraten, das Öl wohl vollständig ausgepresst wurde; der Verfasser führt selber an, dass die Dicke der Ölschicht nicht mehr messbar war.

Der aus Versuchen mit kleinen Krümmungsradien ermittelte Wert für den Elastizitätskoeffizienten von Stahl stimmte mit dem durch einen Zugversuch gefundenen Wert überein, dagegen war der aus α ermittelte Elastizitätskoeffizient für Bronze erheblich grösser, als ihn der Zugversuch gab. Die Versuche wurden auch auf andere Materialien ausgedehnt. Die Zusammendrückungen zweier Gelatinekugeln entsprachen annähernd der Theorie. Bei Versuchen mit Glaskugeln, die auf Körper aus Stahl, Silber und Quarz mit ebenen Endflächen gedrückt wurden, zeigte sich wieder das überraschende Resultat, dass die Übereinstimmung der gemessenen Zusammendrückungen mit den berechneten zunahm mit zunehmender Deformation: Der nach der Theorie konstante Wert $\frac{a^2}{\alpha}$ (a Radius der kreisförmigen Berührungsfläche) näherte sich mit wachsender Belastung mehr und mehr dem Wert, den die Formel liefert. Die aus den Versuchsergebnissen zurückgerechneten Elastizitätskoeffizienten der genannten Materialien zeigten aber richtige Verhältnisse, so dass die Möglichkeit vorliegt, durch vergleichende Versuche dieser Art die Koeffizienten von seltenen Substanzen an kleinen Stücken derselben zu bestimmen, mit denen man die sonst zur Bestimmung des elastischen Verhaltens üblichen Versuche nicht anstellen kann.

Über Versuche aus demselben Gebiet, aber mit bedeutend höheren Belastungen hat Professor Stribeck, Kugellager für beliebige Belastungen, Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1901 Heft 3/4 berichtet. Es handelt sich dabei um die Ermittelung der zulässigen Belastung von Kugellagern, insbesondere der Abhängigkeit der zulässigen Belastung vom Kugeldurchmesser. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass entweder drei gleiche, gehärtete Stahlkugeln übereinander oder eine gehärtete Stahlplatte zwischen zwei gleichen Stahlkugeln unter einer Presse bedeutenden Drucken ausgesetzt wurden. Mittels eines Martensschen Spiegelapparates wurde dann die gegenseitige Annäherung der beiden äusseren Kugeln gemessen; die Ablesung im Fernrohr gab dabei die 1000-fache Annäherung zweier benachbarter Körper. Hinsichtlich der Übereinstimmung mit der Hertzschen Theorie zeigt sich nun ein merkwürdiger Unterschied zwischen den Ergebnissen der Versuche von Lafay und Stribeck. Obgleich bei letzteren die Proportionalitätsgrenze schon durch die kleinste Last, die aufgebracht wurde, in der Mitte der Berührungsfläche bei weitem überschritten wurde, sind die zu Anfang gemessenen Zusammendrückungen in der Regel nur um weniger als 1% grösser, als die Hertzsche Formel angiebt.

Es sollte in erster Linie festgestellt werden, in welcher Weise das Auftreten merklicher bleibender Deformationen vom Kugeldurchmesser d

abhängig ist. Ein konstantes Verhältnis $\frac{\delta_b}{\delta}$ zwischen bleibender und gesamter Zusammendrückung ergab sich stets für Belastungen P, welche der Bedingung $\frac{P}{d^2} = \text{const}$ entsprachen (z. B. 5 % bei 84 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$). Der Verfasser schliesst daraus, dass auch der Eintritt der Elastizitätsgrenze an die Bedingung $\frac{P}{d^2} = \text{const}$ gebunden ist. Das Resultat ergab sich auf Grund der Erkenntnis, dass sowohl $\frac{\delta}{d}$ als $\frac{\delta_b}{d}$ konstant waren für $\frac{P}{d^2} = \text{const}$. Dass die Beziehung für $\frac{\delta}{d}$ bei den Belastungen, welche angewandt wurden, noch mit der Theorie übereinstimmt, ist wieder sehr merkwürdig. Denn der grösste Flächendruck, der dabei auftritt, beträgt nach der Formel von Hertz 70000 Atm., während nach Druckversuchen, welche an cylindrischen Körpern aus gleichem Material angestellt sind, die Proportionalitätsgrenze bei den vorliegenden Versuchen unter 18000 Atm. liegt.

Die zulässige Belastung von Kugellagern hängt in hohem Masse von der Konstruktion derselben ab. Der Verfasser fand durch Dauerversuche die zulässige Last pro Kugel $P = 100\, d^2_{cm}$, wenn die Laufrinne kreisförmig mit einem Radius $R = \frac{2}{3} d$ vertieft ist, dagegen $P = 30\, d^2$ bis $50\, d^2$, wenn die Lauffläche eben oder mit konischer Rinne versehen ist. Diese hohen Belastungen werden aber nur dann dauernd ertragen, wenn Kugeln und Lauffläche gut poliert sind, so dass man mit blossen Auge keine Schleifrisse mehr erkennt.

Mittels einer von dem Verfasser zu diesem Zweck konstruiertn sogenannten Reibungswagen wurden für verschiedene Lagerkonstruktionen die Reibungskoeffizienten gemessen. Diese zeigten sich von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle fast unabhängig, dagegen wachsend mit abnehmender Belastung. Am kleinsten war das Reibungsmoment bei der Konstruktion mit kreisförmiger Rinne. Mit Hilfe dieser Konstruktion können nach Ansicht des Verfassers Kugellager mit durchaus brauchbaren Abmessungen und Reibungswerten für Lagerbelastungen bis zu 10000 kg gebaut werden.

Seit dem Abschluss der beschriebenen Versuche ist man in der Vervollkommnung der Kugeln und Laufflächen noch bedeutend weiter gekommen. Neuere, nur kurz erwähnte Versuche des Verfassers haben ergeben, dass man die verbesserten Kugellager $1\frac{1}{2}$ mal so hoch beanspruchen kann, als oben angegeben.

Berlin, 13. Dezember 1901.

P. Roth.

(Eingegangen 22. Dezember 1901.)

BESPRECHUNGEN.

A. Frhr. v. Hübl, Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Gelatineplatte bei zweifelhaft richtiger Exposition. 2. Aufl. gr. 8°. V u. 70 S. Mit einer Tafel. Halle, W. Knapp. 1901. M. 2.40.

Gegen die 1. Auflage gänzlich umgestaltet, versucht diese neue Auflage sich mit physikalisch-chemischen Anschauungen abzufinden und diese im Anschluss an Bredig und Luther zu verwerten. Über die Rapiditätsbestimmung von Andresen wird man wohl geteilter Meinung sein dürfen; die technische Seite des Buches ist, wie bei Herrn v. Hübl selbstverständlich, von grosser Klarheit, Vollständigkeit und Korrektheit. Englisch.

(Eingegangen 3. Dezember 1901.)

Otto N. Witt, Die chemische Industrie auf der Internationalen Weltausstellung zu Paris 1900. gr. 8°. III u. 136 S. Berlin, R. Gärtners Verlagsbuchhandlung. 1902. Gebunden Mk. 5.—

Das Buch enthält eine Zusammenstellung von fortlaufenden Berichten über die chemische Industrie auf der Pariser Ausstellung, welche zuerst in der Zeitschrift „Die chemische Industrie" veröffentlicht wurden. Der Verfasser, welcher als Mitglied aller drei Instanzen des internationalen Preisgerichts Gelegenheit hatte, zu einer solchen Zusammenfassung genügendes Material zu sammeln, führt die Leistungen der verschiedenen Länder auf dem Gebiete der chemischen Industrie vor, wie sie sich auf der Weltausstellung in Paris kundgaben. Der kosmopolitische Charakter der Ausstellung als eines Bildes menschlicher Arbeit, wird auch in den Schilderungen durch Einordnung des Materials unter allgemeinere Gesichtspunkte gewahrt. Die Ausstellung Frankreichs musste in erster Linie aufgeführt und besonders eingehend behandelt werden, da sie natürlich in weit mehr umfassender Weise als alle anderen Länder in ihren Schaustellungen ein Bild von der Leistungsfähigkeit der gesamten chemischen Industrie ihres Landes gab. Gerade von Frank-

reich macht sich nach der letzten Ausstellung der Eindruck geltend, dass seine chemische Industrie in gesunder Fortentwicklung begriffen ist. Die übrigen Staaten sind bis auf Österreich-Ungarn, Russland und Deutschland, welche auf etwas grössere Vollständigkeit einigen Anspruch erheben können, in ihren Ausstellungen weit weniger vollkommen vertreten und können darum auch nur eine weniger ausführliche Besprechung erfahren. Bei der Ausstellung Deutschlands wird besonders des eigenartigen Gepräges gedacht, den diese durch die Einheitlichkeit des Auftretens der beteiligten Fabriken als Vertreter einer deutschen Gesamtindustrie erhielt, und welches diese Kollektivausstellung zu dem hervorragendsten Objekte der chemischen Abteilung der Pariser Ausstellung machte.

Die Schilderungen der Ausstellungen der einzelnen Staaten gewinnen besonderes Interesse durch die kritische Betrachtung der Umstände, welche dort für die Entwickelung der Industrie massgebend waren, ein Gesichtspunkt, unter dem allein ein Vergleich zwischen den Leistungen der verschiedenen Nationen auf gleichen Arbeitsgebieten möglich ist. Das Werk ist deshalb geeignet im Verein mit dem Kataloge der Pariser Ausstellung ein Bild von dem Anteil der einzelnen Kulturstaaten an der Weltproduktion auf dem Gebiete chemischer Industrie zu geben.

Paradies.

(Eingegangen 8. December 1901.)

L. Pilgrim, Einige Aufgaben der Wellen- und Farbenlehre des Lichts. (Beilage zum Programm der Realanstalt in Cannstatt zum Schlusse des Schuljahres 1900/01). 4°, 68 S. mit 15 Figuren und 2 Farbentafeln. Cannstadt, J. Mann, Buch- und Steindruckerei. 1901. Mk. 3.—

Ausgehend von den Grundprinzipien der Wellentheorie des Lichtes — Huyghensscher Satz und Youngsches Prinzip der Superposition oder Interferenz der Lichtwellen, und auf Grund des Fresnelschen Verfahrens der geometrischen Addition von Schwingungen (Parallelogramm resp. Polygon der Amplituden) führt Verf. die elementare Berechnung folgender Aufgaben durch: Beleuchtung einer Ebene durch zwei Lichtpunkte; Interferenzfarben und zwar a) Bestimmung von Mischfarben nach Newton, b) desgl. nach Maxwell, c) Bestimmung von Interferenzfarben nach Lommel, d) Berechnung von Mischfarben im Anschluss an die von A. König und C. Dieterici bestimmten Grundempfindungen; ferner die Farben dünner Blättchen und zwar a) bei reflektiertem Licht, b) bei durchfallendem Licht; endlich noch Polarisationserscheinungen und zwar a) die Farben von Gipsblättchen, b) Farbenringe einer senkrecht zur Hauptachse geschliffenen Platte eines optisch einachsigen Krystalls, c) Farbenringe an zusammengesetzten Platten. Verf. hatte, wie er in einem Nachwort angiebt, ursprünglich die Absicht, auch die wichtigeren Beugungserscheinungen zu bearbeiten, was jedoch der Mangel an Raum nicht mehr zuliess. Die Ergebnisse sind im Verlauf der Abhandlung in zahlreichen übersichtlichen Tabellen zusammengestellt, ausserdem sind zwei Farbentafeln mit vielen Figuren in grossem Massstabe beigegeben, welche auch für Unterrichtszwecke mit grossem Vorteil zu verwenden sein dürften und den Wert der fleissigen Arbeit noch erhöhen.

Boruttau.

(Eingegangen am 12. Dezember 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Ruhmer, Ernst, Neuere elektrophysikalische Erscheinungen. Nach zahlreichen Einzelveröffentlichungen zusammengestellt. Mit 171 Textabbildungen. gr. 8⁰. IV n. 163 S. 1902. Berlin, Administration „Der Mechaniker." M. 4.—.

Slaby, A., Die Funkentelegraphie. Gemeinverständliche Vorträge. 2. Auflage. Mit 30 Abbildungen und 2 Tafeln. gr. 8⁰. V u. 119 S. 1901. Berlin, Leonhard Simion. M. 3.—. Gebunden M. 4.—.

Turpain, Albert, Les applications pratiques des ondes électriques — télégraphie sans fil — télégraphie avec conducteur — éclairage — commande à distance. Mit 271 Figuren. gr. 8⁰. IV u. 412 S. 1902. Paris, C. Naud. Gebunden 12 Fr.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

An der Technischen Hochschule zu Berlin hat sich Dr. Dolezalek für Elektrochemie habilitiert.

An der Universität Erlangen hat sich Dr. Alexander Gutbier für Chemie habilitiert.

Der Privatdozent für Chemie der Farbstoffe an der Technischen Hochschule zu Berlin Professor Dr. Täuber wurde zum kaiserlichen Regierungsrat und Mitglied des Patentamtes ernannt.

Der Professor der Physik am Polytechnikum in Zürich J. Pernet ist gestorben.

Dr. Peter Weiss von der Universität Lyon ist zum Professor der Physik am Polytechnikum in Zürich ernannt.

Der Professor der Chemie Dr. J. Piccard an der Universität Basel tritt mit dem Ablauf des kommenden Sommersemesters in den Ruhestand.

Vor kurzem starb der auch den Lesern dieser Zeitschrift bekannte Pfarrer Dr. M. Maier, Besitzer eines physikalischen Laboratoriums in Schaufling (Bayern).

Gesuche.

Junger Physiker, Dr. phil.,

der auch ein Jahr lang Elektrochemie getrieben hat, sucht eine **Assistentenstelle.** Nachrichten erbeten an die Redaktion dieser Zeitschrift unter **C. V.**

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.